# TOPOLOGY NEWS

## Series B No. 6

Floer ホモロジー かいせつ　　　　　吉田 朋好

修士論文・博士論文 速報

トポロジー・シンポジウムのお知らせ

1989年4月

# 目次

i 先号の会計報告（2月末現在）

| | | |
|---|---|---|
| 繰越分 | △10.680 | |
| No.5 印刷費（含送料） | | 57.600 |
| 返送料 | | 1.730 |
| 売上（含 back number） | 47.710 | |
| 残高 | △22.300 | |

ii お忙がしいところ記事を寄せて頂いた吉田朋好さん，資料等を送って頂いた佐藤肇さんと松井明徳さん，また論文要旨を書いて下さった方々にこの場を借りて，御礼申し上げます。

No.1 から No.6 までお世話になりましたが，このたび転勤することとなりましたので，トポロジー・ニュースは加藤先生にひきつぐことと致します。長い間ありがとうございました。

トポロジーニュース連絡先

〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1
九州大学理学部数学教室
加藤 十吉

TEL（092）641-1101 内線4361

文責 矢野 公一
（3.2）

# Floer ホモロジーかいせつ

都立大　吉田朋好

## 1. 序文

Floerホモロジーの解説をかくようにいわれたが大変に気がおもい。この記事は原稿をそのまま写真印刷するらしいから人に読める字がかけないものにとっては苦痛である。Floerの論文はきっちりと書かれたものではない。+−の符号が途中で逆転したり重要な部分が"だれかさんに教えてもらった"風の2.3行でかたづけられたりで、昔 Atiyah や Hirzebruch の論文で勉強したものにとってはもう少し何とかしてくれないかというグチをこぼしたくなる。Floerホモロジーは今のところ計算がほとんどなされていないので、低次元トポロジーでの有効性が明らかではない。にもかかわらず、少なからぬ興味がもたれているのは、思いがけないところに思いがけないホモロジー理論があるという驚きの他に、それが Donaldson 理論の自然な展開の流れの一つであることと物理との関連が深いことなどが原因であるように思う。不幸にして筆者はこの両方とも知らない。量子力学は数年程前からつまみぐい的勉強をしてきたが、Witten の場の量子論による Floer

理論の解釈がわかるような域には達していない。Floer理論の数学的内容を知りたければ各自勝手に論文を読めば良いわけで、解説というのは本来こういった思想的背景なんかをわかりやすく説明すべきものであろうが、つまり筆者にはそういう高級な能力はない。だから題名には「解説」と書かないで「かいせつ」と書いた。要するに解説ではなくダイジェストなのである。

しかしFloerの論文をながめると不ていねいさに腹立たしくもなるが、全体としては自然な数学の流れにのっている感じで、例えば具体的な計算が進めば、非線形解析と3次元トポロジーとの微妙な交錯がながめられるかもしれない。

## 2. Floer ホモロジー　ダイジェスト

$M$を3次元($\mathbb{Z}$-)ホモロジー球面とし、向きづけとRiemann計量が与えられているとする。何故にホモロジー球面に限定するかといった本質的な問題は各自が勝手に考えなければならない。$P = M \times SU_2$ を$M$上の自明な$SU_2$バンドルとする。$su_2$を$SU_2$のリー環とし、$\Omega^i(M)\otimes su_2$を$M$上の(なめらかな)$su_2$-係数$i$次微分形式の空間とする。$P$上の自明な接続を$\theta$とおく。つまり$\theta$とは、$M$の任意のpath $\gamma$に対して、$\gamma \times a_0 \subset M \times SU_2$ $(a_0 \in SU_2)$ の形の$M \times SU_2$のpathをhorizontal liftとみなす接続をあらわす。そうすると$P$上の勝手な接続は $\theta + a$, $a \in \Omega^1(M)\otimes su_2$, の形にか

かれる。微分幾何の用語に慣れていないと、以上書いたぐらいのあたりで頭がいたくなる。筆者は去年5月頃までそういう状態であった。しかし今はこのようにすらすら書ける、つまり苦労しないので、これ以上の説明はつけない。Donaldson 以後このようなことはトポロジーの"いろは"になっているのである。

$M$ から $SU_2$ への（なめらかな）写像の全体を $\mathcal{G}=Map(M,SU_2)$ とおいてゲージ群とよぶ。これは $P$ のバンドル自己同型群とみなされる。$P$ 上の接続全体は $\theta+\Omega^1(M)\otimes su_2$ で、これは Affine 空間であり自然に $\Omega^1(M)\otimes su_2$ と同一視ができる。これを $\mathcal{A}\equiv\Omega^1(M)\otimes su_2$ とおく。$\mathcal{G}$ は $\mathcal{A}$ に作用する。$g\in\mathcal{G}$, $a\in\mathcal{A}$ に対し

$$g(a)=gag^{-1}+gdg^{-1}\quad\in\mathcal{A}$$

とするのである。右辺はちゃんと $su_2$-係数 1-微分形式になっている。これも筆者は現在ではすらすら書けるのでこれ以上の説明はしない。つまりトポロジーの"いろは"である。

$\{\pm1\}\subset\mathcal{G}$ を定値写像 $M\to\pm1$ とすると任意の接続 $a\in\mathcal{A}$ に対し $(\pm1)(a)=a$ となる。$\mathcal{G}_a=\{g\in\mathcal{G}\mid g(a)=a\}$ を $a$ の固定群とすると $\mathcal{G}_a\supset\{\pm1\}$ である。$\mathcal{G}_a\supsetneqq\{\pm1\}$ であるとき $a$ は可約、$\mathcal{G}_a=\{\pm1\}$ のとき $a$ は既約であるという。$\mathcal{A}^*\subset\mathcal{A}$ を既約な接続の全体とする。$\mathcal{A}^*$ 上には $\mathcal{G}/\{\pm1\}$ が自由に作用している。$\mathcal{G}$ の元 $g:M\to SU_2$ に

有し、写像度 $\deg g \in \mathbb{Z}$ が定義できる。$M$ と $SU_2$ はともに向きづけられた3次元閉多様体だからである。そこで $\mathcal{G}^0 < \mathcal{G}$ を $\mathcal{G}^0 = \{g \in \mathcal{G} \mid \deg g = 0\}$ とおくと、これは $\mathcal{G}$ の部分群になる。$\mathcal{A}^*$ の $\mathcal{G}^0$ 及び $\mathcal{G}$ による商空間(そういうものがあるとして)をそれぞれ $\widetilde{\mathcal{B}}^* = \mathcal{A}^*/\mathcal{G}^0$, $\mathcal{B}^* = \mathcal{A}^*/\mathcal{G}$ とかく。自然な写像 $\widetilde{\mathcal{B}}^* \to \mathcal{B}^*$ があってこれは $\mathbb{Z}$-covering となっていると思える。

次に関数 $f : \mathcal{A}^* \to \mathbb{R}$ を次のように定義する。

$$f(a) = \int_M \mathrm{tr}\left(\frac{1}{2} a \wedge da + a \wedge a \wedge a\right) \qquad (a \in \mathcal{A}^*)$$

ここで $\wedge$ は微分形式の外積で(ただし係数については行列の積をとる)、tr. は係数の trace をとることをあらわす。そうすると右辺の積分の中味は $M$ 上の3次実微分形式になり従って右辺は一つの実数になるのである。$f$ を Chern-Simons 関数とよぶ。$f$ は $\mathcal{G}$ の作用に関し次のようにふるまう

$$f(ga) = f(a) + c \deg g$$

ただし $c$ はある定数。$c$ の値を知りたい人は実際に計算すればよい。

このことから $f$ は $\widetilde{\mathcal{B}}^*$ 上の実数値関数 及び $\mathcal{B}^*$ 上の

$\mathbb{R}/c\mathbb{Z} = S^1$ 値関数を定義する。

$$\begin{tikzcd}
\widetilde{\mathcal{B}}^* \arrow[r, "f"] \arrow[d] & \mathbb{R} \arrow[d] \\
\mathcal{B}^* \arrow[r, "\bar{f}"] & \mathbb{R}/c\mathbb{Z}
\end{tikzcd}$$

Floer ホモロジーとは $\bar{f}$ のモース理論 $\equiv$ $f$ の $\mathbb{Z}$-同変モース理論により得られるホモロジー理論である。

ただしモース理論といっても、慣れ親しんだ有限次元多様体上のモース理論ではないので われわれは関数解析という異境の地に踏み入らなければならない。これまですらすら書いてきた $\mathcal{A}, \mathcal{A}^*, \mathcal{G}, \widetilde{\mathcal{B}}^*, \mathcal{B}^*$ 達は全部関数空間なので本当はとてもすらすら書けるような代物ではないのである。

まず $\widetilde{\mathcal{B}}^*, \mathcal{B}^*$ を $\infty$ 次元 Riemann 多様体とする必要がある。これは次のような手順でなされる。最初に $\mathcal{A} \equiv \Omega^1(M)\otimes su_2$ は $M$ 上の $su_2$-係数 1-微分形式 (smooth) としたが これをソボレフ norm で完備化して $\mathcal{A}^p_k$ というおそろしい空間をつくる。

$$\mathcal{A}^p_k = L^p_k(\Omega^1(M)\otimes su_2)$$

$= \Omega^1(M)\otimes su_2$ の ソボレフ norm

$\|a\|^p_k = \int_M \sum_{i=0}^{k} |\underbrace{\nabla\cdots\nabla}_{i} a|^p$ による完備化.

要するに$k$回までの微分の$L^p$-normを使って完備化するわけでこうしてsmoothなものを拡張して得られる$\mathcal{A}^p_k$の元は$k$回までの微分については何らかのcontrolがきくというわけである。$p$と$k$をいろいろとりかえると様々なnormができるが異った$(p,k)$の間で成り立つ基本的な定理がソボレフの埋蔵定理でこれは関数解析の本にのっている。どういうnormで完備化するかは、何を必要とするかできまる。この場合必要なことは$\infty$次元Riemann多様体を得ることでそのために$\mathcal{A}^*$の$a \in \mathcal{A}^*$での接ベクトル空間$T_a\mathcal{A}^* \cong \Omega^1(M) \otimes su_2$ ($\mathcal{A}$はaffine空間だから)に内積を入れなければならない。つまり$L^p_k(\Omega^1(M) \otimes su_2)$は$L^2$に入っている必要がある。又連続性($= C^0$)を要求することにすると、例えば$\mathcal{A}^*_1$はこれらの要求にかなう。実際にはこれより強いnormなら何でもよい。それは$\mathcal{B}^*$上のモース理論といっても、本当に必要なものは$f$のcritical pointを結ぶ積分曲線のなす多様体で、これは$M \times \mathbb{R}$上の楕円型作用素(適当な境界条件つきの)の解空間になるのでregularityからどういうnormを使っても同じものが得られる。

又、ゲージ群$\mathcal{G}$も同様に完備化する。ただし$\mathcal{G}$の$\mathcal{A}$への作用において一回微分するので、一つ強いnormで例えば$\mathcal{G}^*_2$とする。

このようにしてnormを入れて完備化すると$\mathcal{A}$はめでたく各接ベクトル空間に内積が次のようにして入る。

$\xi, \eta \in T_a\mathcal{A} \cong \Omega^1(M) \otimes \mathfrak{su}_2$

（完備化の記号は省略）

に対し

$$\langle \xi, \eta \rangle = -\int_M \mathrm{tr}(\xi \wedge * \eta)$$

ただし $*$ は $M$ の Riemann 計量による Hodge $*$-operator で係数にはさわらない。

$\mathcal{A}^*$ の構造はこれでよいとして問題は商空間 $\tilde{\mathcal{B}}^*, \mathcal{B}^*$ の構成をすることである。まず $\mathcal{G}$ の $\mathcal{A}^*$ への作用の orbit $\mathcal{G}a$ $(a \in \mathcal{A}^*)$ の接ベクトル空間を出すとこれは

$$d_a : L_2^2(\Omega^0(M) \otimes \mathfrak{su}_2) \longrightarrow L_1^2(\Omega^1(M) \otimes \mathfrak{su}_2)$$

$$\xi \longmapsto d_a\xi = d\xi + a \wedge \xi + \xi \wedge a$$

の像であることがわかる。$\mathrm{Im}\, d_a$ が closed であることは、$M$ が compact で従って $d_a^* d_a$ ($d_a^*$ は $d_a$ の $L^2$ での formal adjoint) が elliptic operator であることから $\mathrm{Ker}\, d_a^{\perp}$ で $\|\phi\| \leq C\|d_a\phi\|$ $(\phi \in \mathrm{Ker}\, d_a^{\perp})$ の形の不等式が成り立つことから出る。そこで $\mathrm{Im}\, d_a$ の直交補空間をとるとこれは

$$\mathrm{Ker}\, d_a^* \quad \left( d_a^* : \Omega^1(M) \otimes \mathfrak{su}_2 \longrightarrow \Omega^0(M) \otimes \mathfrak{su}_2 \right)$$

となる。Slice 定理（Freed-Uhlenbeck 参照，Donaldson 参照）から $\tilde{\mathcal{B}}^* = \mathcal{A}^*/\mathcal{G}_0$，$\mathcal{B}^* = \mathcal{A}^*/\mathcal{G}$ はともに $\mathrm{Ker}\, d_a^*$ を接ベクトル空間とする $\infty$ 次元 Riemann 多様

体になる。(各自勝手にたしかめる)

これで $\widetilde{\mathcal{B}}^*$, $\mathcal{B}^*$ は ∞次元 Riemann 多様体になった。そこで Chern-Simons 関数 $f$ の勾配ベクトル場 $\mathrm{grad} f$ を求める。これは簡単な計算で

$$\mathrm{grad}_a f = -*F_a$$

(ただし $F_a = da + a\wedge a$ は $a$ の曲率形式) であることがわかる。

そうすると $f$ の critical point がわかる。$F_a = 0$ となる接続の同値類が $f$ の critical point である。$F_a = 0$ となる接続はつまり"まったいら"の接続で、古来欧米ではこのような接続を flat connection, 本邦では平担接続と称している。本稿はダイジェストなので単に"ヒラ"と呼ぶことにする。"ヒラ"は次のようにして構成される。$\rho : \pi_1(M) \to SU_2$ を表現として $\widetilde{M}$ を $M$ の普遍被覆空間とし、$\widetilde{M}\times SU_2$ を deck 変換と $\rho$ による対角作用でわって $\widetilde{M}\times_{\pi_1(M)} SU_2$ を作るとこれは $M$ 上の自明な $SU_2$ バンドルであるが $\widetilde{M}\times SU_2$ 上の自明な接続により誘導されるヒラ接続をもつ。ヒラはこのようにに作られる。故にヒラ全体は

$$V \equiv \mathrm{Hom}(\pi_1(M), SU_2) \,/\, \mathrm{conjugation}$$

と一対一対応にある。Vは実解析集合で V-{0} ≡ V-{自明表現} が f の critical point set となる。

ここで問題がおこる。つまり一般には $\dim V > 0$ となり得るので、このとき f の critical point はベターっとでてくるわけで f はモース関数ではない。はて困ったものだというわけで摂動ということをやる。f に適当な関数 h をたして $f' = f + h$ をつくり $f'$ がモース関数になるようにする。h はでたらめにえらんでは control がきかなくなるのである程度 reasonable なものにする。どういう風に reasonable にするかについては熱心な人は Floer の論文にあたられよ。又、摂動が気にくわない人は Donaldson 理論も Casson 不変量もともに摂動しなければ定義できないことを思ってみるべきである。

本稿では摂動もなにも全部うまくいったとして f ははじめからモース関数つまり critical は非退化として話をすすめる。ダイジェストは楽ちんであるべきだからこれでよい。

critical set についてはもうわかったから(ダイジェストだから)積分曲線を考える。a と b を f の2つの critical points つまりヒゲとして a と b を結ぶ積分曲線 $A = \{A_t\}_{-\infty < t < \infty}$ を考える。各 t について $A_t$ は $\mathcal{P}$ の

接続で $a_t \to a$ $t \to -\infty$, $a_t \to b$ $t \to +\infty$ となっている。$A = \{a_t\}$ が積分曲線であることは

$$\frac{\partial a_t}{\partial t} + *F_{a_t} = 0$$

という非線形偏微分方程式の解であることと同値である。$A = \{a_t\}$ は $M \times \mathbb{R} \times SU(2)$ の接続とみなすことができ、こうみなすと上の方程式は $A$ についての Yang-Mills 方程式

$$F_A = *F_A$$

と同値であることがわかる。こうして問題は4次元多様体 $M \times \mathbb{R}$ 上の問題になおされる。

$\mathcal{M}(a, b) \equiv \{a$ と $b$ を結ぶ積分曲線の全体$\}$

とおくと、これは $M \times \mathbb{R} \times SU(2)$ の境界条件つき Yang-Mills 接続の空間とみなされ、このような理論は Taubes により定式化されていて $M$ の Riemann 計量と上にあげた摂動関数 $h$ をうまくとることにより、有限次元多様体ならしめることができる。

$\mathcal{M}(a, b)$ の多様体としての構造はむつかしい問題であるが $\dim \mathcal{M}(a, b)$ は Atiyah-Patodi-Singer によりもとめることができる。これには Spectral Flow とよばれる量が次のようにして関係してくる。

$\dim \mathcal{M}(a,b) = \dim T_A \mathcal{M}(a,b)$ $(A \in \mathcal{M}(a,b))$ で後者は非線形方程式 $F_A = *F_A$ の $A$ での線形化方程式の解空間の次元で与えられる。

今 $a \in \mathcal{A}^+$ に対し operator $D_a$ を

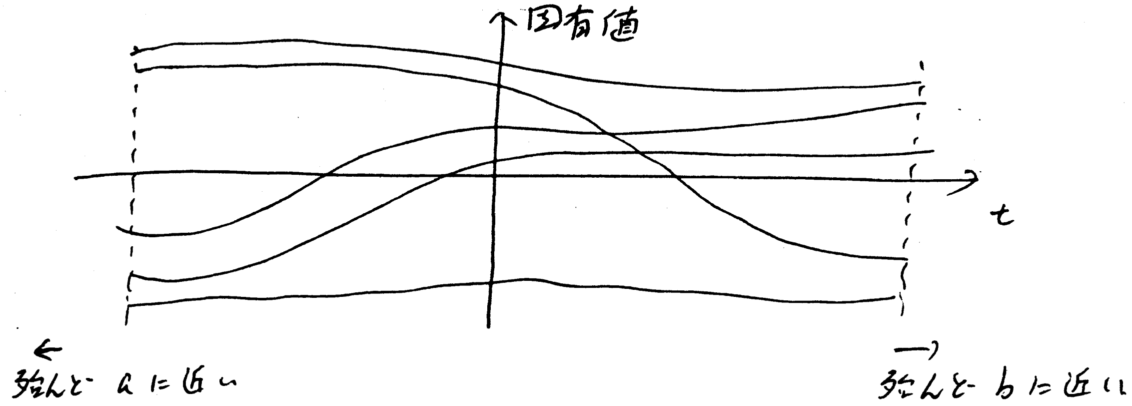
$$D_a : \Omega^0(M)\otimes su_2 \oplus \Omega^1(M)\otimes su_2 \longrightarrow \Omega^0(M)\otimes su_2 \oplus \Omega^1(M)\otimes su_2$$

$$D_a(\varphi, \psi) = (d_a^*\psi, \ *d_a\psi + d_a\varphi)$$

で定義すると $F_A = *F_A$ の線形化方程式は family $\{\alpha_t\}_{-\infty<t<\infty}$, $\alpha_t \in \Omega^0(M)\otimes su_2 \oplus \Omega^1(M)\otimes su_2$ についての方程式

$$\frac{\partial \alpha_t}{\partial t} + D_{a_t}\alpha_t = 0$$

$(\{a_t\} = A, \ -\infty < t < \infty)$ とかかれる。各 $t (\in \mathbb{R})$ に対し $D_{a_t}$ は自己共役（摂動後は殆んど自己共役）作用素で、固有値の実数部分は $\mathbb{R}$ 上の可算無限個の点集合で、$\pm\infty$ のみに集積点をもちかつ $\pm\infty$ に非有界である。$D_{a_t}$ の固有値は $t$ の関数で $t$ を $-\infty$ から $+\infty$ まで動かすと $D_a$ の固有値から $D_b$ の固有値まで連続に変化する graph が得られる。$a$ と $b$ は非退化と仮定すれば $\mathrm{Ker}\, D_a = 0$, $\mathrm{Ker}\, D_b = 0$ でこの graph は次のようにあらわされる




今整数 $n_+$, $n_-$ を

$n_+ = \{-$ から $+$ に変化する固有値の重複度をこめた$\}$ 個数

$n_- = \{+$ から $-$ に変化する固有値の重複度をこめた$\}$ 個数

とする。すると

$n_+ =$ 線形化方程式 $\frac{\partial \alpha_t}{\partial t} + D_{A_t}\alpha_t = 0$ の解空間の次元（ただし解とは有界な解のこと）

$n_- = \frac{\partial}{\partial t} + D_{A_t}$ の adjoint 作用素の解空間の次元（これも有界な解のこと）

となる。どうしてこうなるかは別にむつかしいことではないから演習問題とする。

$n_- = 0$ であるとき $A \in \mathcal{M}(a,b)$ の近傍で $\mathcal{M}(a,b)$ は smooth 多様体の構造をもつ。一般には $n_+ - n_-$ を

から $p_-$ を引いた数は $\theta'$ のとり方によらない。そこで

$$\deg(a) = \text{Spectral Flow}(\theta' \rightsquigarrow a) - p_- \mod 8$$

と定義してこれを $a$ の階級とする。ここに Spectral Flow $(\theta' \rightsquigarrow a)$ とは $\theta'$ と $a$ を結ぶ接続の列 $\{a_t\}$ についての $D_{a_t}$ の Spectral Flow のことである。mod 8 をとるのは $a$ のかわりに $g(a)$ $g \in \mathcal{G}$ をとって Spectral Flow $(\theta' \rightsquigarrow g(a))$ をとると、これが Spectral Flow $(\theta' \rightsquigarrow a)$ と Spectral Flow $(a \rightsquigarrow g(a))$ の和になり後者は $\pm 8 \deg g$ となる。$a$ と $g(a)$ は $\mathcal{B}^*$ の中で同じ元をあらわすので、$8\mathbb{Z}$ の ambiguity が出る。どうしてここに 8 が出てくるのかは Spectral Flow ではなく $\mathcal{M}(a, g(a))$ ($a$ と $g(a)$ を結ぶ積分曲線の多様体)を直接考えてみる方が早い。

$M \times \mathbb{R} \times SU_2$ の接続として $A = \{a_t = a\}$ (つまり $a_t = a$ で一定)というものをとると $a$ がヒラだからこれは Yang-Mills 接続 ($F_A \equiv 0$) で $a$ と $a$ を結ぶものである。この接続に Taubes construction で $S^4$ 上の concentration Yang-Mills 接続をはりつけることができて、この構成により local diffeomorphism

$$M \times \mathbb{R} \times \mathbb{R}^+ \times SO_3 \longrightarrow \mathcal{M}(a, g(a))$$

(ただし $\deg g = 1$) が得られて $\mathcal{M}(a, g(a))$ は 8次元の成

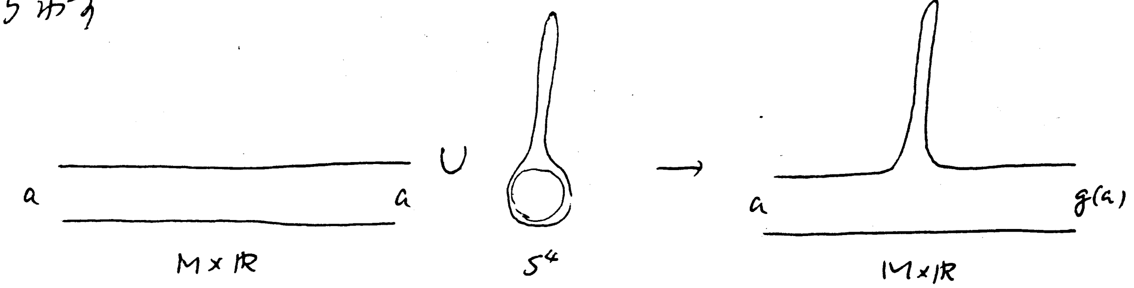
Index $A$ とおいて これを計算すれば $\dim \mathcal{M}(a,b)$ がわかる。$n_+ - n_-$ を Spectral Flow といって これが Atiyah-Patodi-Singer により計算される。Floer ホモロジーは非線形 Atiyah-Patodi-Singer 理論という側面をもっているのである。

そこでいよいよ Floer ホモロジーの chain 複体を定義する。Chain 複体はまずヒラ接続の間に階級差をつけた後、同一階級のものから生成される自由アーベル群をつくりそれを Chain 群とする。しかる後階級差 1 のものの間に $\partial$ 作用素を定義してホモロジー群をつくる。

◎階級差の定義

$\{a_t\}$ を自明な接続 $\theta$ と一つのヒラ接続 $a$ を結ぶ $P$ の接続の列とし $D_{a_t}$ の Spectral Flow を考える。ただし $D_\theta$ は 3次元の Kernel $H^0(M, \mathfrak{su}_2)$ をもつので spectral flow はこの場合うまく定義できない。そこで $\theta$ の近くに $\theta'$ (既約接続) をとると $D_{\theta'}$ は kernel つまり 0-固有値をもたない。$D_\theta$ の kernel $H^0(M, \mathfrak{su}_2) \cong \mathfrak{su}_2$ の 3次元部分空間は $D_{\theta'}$ の 3つの 1次元固有空間に分裂すると考えられる。そのときできる負固有値の個数を $P_-$ とする ($0 \leq P_- \leq 3$)。そうすると Spectral Flow $(\theta' \to a)$

分をもつことがわかる。ここで $M\times\mathbb{R}\times\mathbb{R}^+\times SO_3$ の最初の $M\times\mathbb{R}$ は concentrated connection の中心の位置，$\mathbb{R}^+$ は concentration の度合 $SO_3$ は attaching の仕方をあらわす




Concentrated connection ($c_2=1$) を attach すると $a$ が $g(a)$ ($\deg g=1$) にかわる。これにより $\mathcal{M}(a,g(a))$ は次元 8 をもつことがわかる。

このように Floer ホモロジーの chain 群の degree は mod 8 でしかきまらず，へびが自分のしっぽをかんでいるようにぐるっとまわった形になっている。だからどれが上か下かわからない。もともとヒラだから階級のつけ方も平等なのである。Stern という人がへびのしっぽを切ってまっすぐにしたと主張したそうだが，うわさによるとあまりうまくゆかなかったということである。mod 8 というのは大いに自然なことで，丁度単位の荷電が 8 でこれを自明な接続 $\Theta$ がうけもち，他の既約なヒラが分数荷電をうけもっているようなもので，これは $M$ を bound する 4 次元多様体上の Yang-Mills

接続との関連で考えてゆけばもっとはっきりするだろう。

◎ $\partial$作用素の定義

$a$をひとつのヒラ接続とし $\partial a$をきめたい。まず形式的に

$$\partial a = \sum_{\deg a - \deg b = 1} n_{ab}\, b \qquad n_{ab} \in \mathbb{Z}$$

とおいて $n_{ab}$をきめる。$\deg a - \deg b = 1 \pmod 8$ だから $\mathcal{M}(b, a)$ は $(8k+1)$次元の成分から成る。$\mathcal{M}(b, a)$の中に1次元多様体がないときは $n_{ab} = 0$ とする。$\mathcal{M}(b, a)$の中に1次元多様体があるときは、compactness定理から1次元成分は有限個の連結成分から成ることがわかる。この連結成分にorientationを入れ、その向きを積分曲線の$\mathbb{R}$成分方向と比較して一致すれば$+1$, 反対向きなら$-1$とし $n_{ab}$はこれら$\pm 1$の和として定義する。連結成分のorientationをどうやってきめるかは次に述べる。

任意の2つのヒラ $c, d$に対し $\mathcal{M}(c, d)$の連結成分はすべてorientableである。理由はDonaldson理論の応用をすればよいので次のようにする。$A \in \mathcal{M}(c,d)$での$\mathcal{M}(c,d)$の接ベクトル空間は $F_A = *F_A$ の線形化方程式

$$\frac{\partial}{\partial t} + D_{a_t} = 0 \qquad (A = \{a_t\})$$

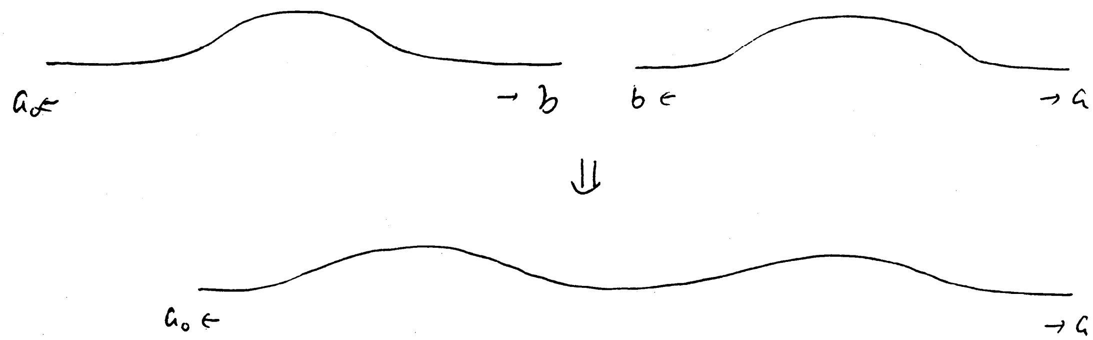
の解空間（有界な）と同一視できる。そこで $\mathcal{B}^*(c, d)$ を c と d を結ぶ接続のゲージ同値類（こういうものはすべて適当な norm で完備化したものを考える）の空間とすると、$\mathcal{M}(c, d) \subset \mathcal{B}^*(c, d)$ で、$\mathcal{M}(c, d)$ の接ベクトルバンドルは $\mathcal{B}^*(c, d)$ 上のベクトル・バンドル（正確には virtual バンドル）の制限であることがわかる。$\mathcal{B}^*(c, d)$ は単連結になるのでバンドルは orientable であることがわかる。$\mathcal{B}^*(c, d)$ の単連結性はゲージ群 $\mathcal{G}(c, d)$ が連結でない（連結成分は2つある）ので少し注意しなければならないが Freed-Uhlenbeck の方法で証明できる。そこで $\mathcal{B}^*(c, d)$ 上の上の virtual ベクトルバンドルの determinant バンドルの trivialization を与えれば これが $\mathcal{M}(c, d)$ の各連結成分の orientation を与えることになる。

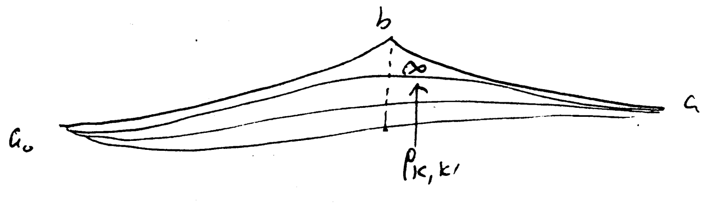
そこで $a_0$ をヒラの一つとしこれを fix する。他のすべてのヒラ $a$ について $\mathcal{M}(a_0, a)$ を任意に上のようにして向きづける。$a$ のとり方によっては、$\mathcal{M}(a_0, a)$ が空集合ということもあり得るので、そのときは $\mathcal{B}^*(a_0, a)$ の中にある $\mathcal{M}(a_0, a)$ の代用物となるべき有限次元部分多様体をとってこれを向きづける。どういう風に代用物を

とるかについては、もう手が疲れてきたので書かない。熱心な人は Floer の論文をあたられよ。ともあれこうしてすべての $\mathcal{M}(a_0, a)$ に向きをつける。$\mathcal{M}(a_0, b)$, $\mathcal{M}(a_0, a)$ の向きから $\mathcal{M}(b, a)$ の向きを次のようにつける。これらはすべて $\mathbb{R}$-作用（平行移動）をもち、商空間 $\hat{\mathcal{M}}(a_0, b)$, $\hat{\mathcal{M}}(a_0, a)$, $\hat{\mathcal{M}}(b, a)$ は一次元低い多様体となる。任意の compact set $K \subset \hat{\mathcal{M}}(a_0, b)$, $K' \subset \hat{\mathcal{M}}(b, a)$ に対し

$$K \times [\rho_{K, K'}, \infty) \times K' \longrightarrow \hat{\mathcal{M}}(a_0, a)$$

という中への位相同型写像が $K, K'$ の中の積分曲線（Yang-Mills 接続）をつなぐことにより得られる。

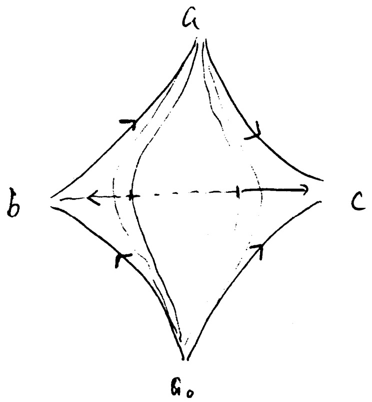




まん中の $[\rho_{K, K'}, \infty)$ は2つの山の距離をあらわすと思えばよい。こうして $K$, $\hat{\mathcal{M}}(a_0, a)$ の向きづけから $K'$ の向きづけがきまる。故に $\mathcal{M}(a_0, b)$, $\mathcal{M}(a_0, a)$ の向きづけ

から $\mathcal{M}(b,a)$ の向きづけが得られる。こうして向きづけが与えられ $\partial$-作用素が定義される。

$\partial\partial=0$ は2次元の $\mathcal{M}(a,b)$ の boundary の状況を調べることにより得られる。次の絵をみられよ。




ここで $\dim\mathcal{M}(a_0,a)=2$, $\dim\mathcal{M}(a_0,b)=1$, $\dim\mathcal{M}(b,a)=1$
$\dim\mathcal{M}(a_0,c)=1$, $\dim\mathcal{M}(c,a)=1$

の絵とする。$\mathcal{M}(a_0,a)$ はなめらかな2次元多様体で $\hat{\mathcal{M}}(a_0,a)$ は1次元多様体 従って open arc となる。$\hat{\mathcal{M}}(a_0,a)$ は境界として2つの end (これは $\hat{\mathcal{M}}(a_0,a)$ に入っていない) をもちそれらが $b, c$ である。すべて2次元成分の boundary はこのようであることが極限を調べることにより証明される。$\hat{\mathcal{M}}(a_0,b)\times\mathbb{R}_+\times\hat{\mathcal{M}}(b,a)$ と $\hat{\mathcal{M}}(a_0,c)\times\mathbb{R}_+\times\hat{\mathcal{M}}(c,a)$ は $b$ と $c$ を結ぶ arc 上にのっかった反対向きの open arc と同一視でき そこで orientation を考えると 例えば $\mathcal{M}(a_0,b)$, $\mathcal{M}(a_0,c)$, $\mathcal{M}(b,a)$ に orientation が矢印のごとくつけば $\mathcal{M}(c,a)$ の orientation は上の絵のようたな

らなければならない。これから $\partial\partial=0$ がわかる。

3. あとがき

なにはともあれ くたびれた。Sobolev空間や完備化のこと等 解析の人だれか教えてくれませんか。

(R3.1)

# 修士論文・博士論文速報

## 修士論文

### 北海道大学

石崎 若

Reeb stability theorem への nonstandard analysis の応用

compact leaf, 及び余次元1葉層構造の proper leaf に関する Reeb の安定性定理の nonstandard analysis を用いた証明についてまとめた。

compact leaf に関する Reeb の定理、及び proper leaf に関する稲葉の定理は、共に leaf 上の path の無限小近傍への持ち上げを用いて証明できる。

又、Thurston による Reeb の定理の一般化や、Dippolito の proper leaf の安定性定理も nonstandard analysis を用いて証明できる。

(R2.23)

金山俊哉

横断的PL葉層における局所極小集合の存在定理

$M$ を $n$ 次元 $C^\infty$ 閉多様体、$\mathcal{F}$ を $M$ 上の横断的に向き付け可能な余次元1の $C^r$ 葉層構造 $(0 \leq r \leq \omega)$, $\mathcal{L}$ を $M$ 上の余次元 $(n-1)$ の $C^0$ 葉層構造で $\mathcal{F}$ に横断的, $U$ を $M$ の連結開部分集合で $\mathcal{F}$-sat, $\hat{U}$ を $U$ の Dippolito の完備化とする。

葉層構造における定性論では LMS の存在定理はよく知られた結果であるが、この定理は $\mathcal{F}$ が $C^2$ 級 という条件が必要である。修論ではこの条件を $\mathcal{F}$ が横断的PL葉層 におきかえても LMS の存在定理は成り立つかという問題を考えた。このとき Sacksteder の補題は成り立たないので同じ analogy ではうまくいかない。しかし、一般化された Kopell の補題の PL-permuter pseudogroup 版は証明できる。これを使って $\hat{U}$ の核腕分解で各腕が積葉層になるものがとれる。これにより LMS の存在定理の横断的PL葉層版を証明することができた。

(R2.23)

原田 信

## いくつかのfoliationにおけるsecondary classの消滅

foliation とくに multi-foliation と呼ばれているものの secondary classes を計算し、その いくつか、(あるいは全て)が消えていることを示した。

対象としたものは、次の2つである。ひとつは、余次元 $g$ foliation $\mathcal{F}$ において、$g$ ケの 余次元1 foliation $\mathcal{F}_1, \cdots, \mathcal{F}_g$ があり、その tangent bundle において、

$$T\mathcal{F} = T\mathcal{F}_1 \cap \cdots \cap T\mathcal{F}_g$$

をみたすものについて、もう一つは、type $(g, g-1, \cdots, 2, 1)$ の flag structure $F=(F_1, \cdots, F_g)$ で、各 $F_i$ の normal bundle $TM/F_i$ が全て trivial であるときの、$F_1$ の定める foliation について、である。

前者においては、全ての classが消えているのが示せたが、後者では、そのいくつかは消えているのだが、全てが消えているかどうかは不明

(R2.23)

三寺芳樹

## 複素解析的多様体上の特異点を持つ葉層構造の構造について

複素解析的多様体M上の正則1次微分形式の芽から成る層$\Omega$の既約かつ積分可能である連接複素解析的部分層$\xi$をM上の葉層構造と言う。ここで「既約である」とは$\xi$と$\xi$から2回annihilatorをとったものが等しいことを、又「積分可能である」とは$\xi$の各茎がbracket作用素で閉じていることを意味する。$\xi$のannihilatorを$\xi^0$とし、各$x \in M$に対して$T_x(\xi) = \{ \gamma(x) \in T_xM \mid \gamma \in \xi^0_x \}$とすると、これは$T_xM$の部分ベクトル空間になる。一般に$T_x(\xi)$の次元は一定ではなく、その最大次元を$r$としたとき次元が$r-1$以下になる$x \in M$を$\xi$の特異点とする。更に$k = 1, \cdots, r$に対して$S^{(k)} = \{ x \in M \mid \dim_{\mathbb{C}} T_x(\xi) \leq r-k \}$とする。そこで$S^{(k)}$の構造に関して次の結果を得た。

定理　任意の $k=1,\cdots,r$, 任意の $p\in S^{(k)}$ に対して、Mにおける $p$ の近傍 $U_p$、$\mathbb{C}^{n-r+k}$ における原点の近傍W、$U_p$ からWへの上への正則な押し込み $f$、W上の葉層構造 $\tau$ をそれぞれ適当にとり

$$\xi_x = \langle \{ f^*\omega \in \Omega_x \mid \omega \in \tau_{f(x)} \} \rangle_{\mathcal{O}_x} \quad \text{for } \forall x \in U_p$$

とできる。

(R2.25)

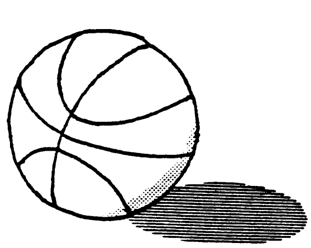
# 山形大学

柴田浩一

## 単連結な4次元閉多様体上のSL(3,R)作用について

この論文の目標は連結，単連結，コンパクトな4次元多様体上のSL(3,R)作用を分類することである。(以下4次元多様体といったら連結，単連結，コンパクトなものとする。) SL(3,R)は非コンパクト群であるから使える手法は限られているがSL(3,R)の極大コンパクト群であるSO(3)が作用する4次元多様体を調べることは大切である。この論文で用いる主な手法は4次元多様体上のSO(3)作用の分類ができているのでそれを用いる。まず分類された4次元多様体上のSO(3)作用をSL(3,R)作用に拡張できるかどうか調べる。拡張できる場合にはそれをSL(3,R)同変同型は同じものとして分類することになる。

(R2.10)



茨城大学

宮川 均

Minimal foliation に対する calibrated geometry を用いた1つの考察

本論文は，calibrated geometry の foliation への応用に関する総合報告であって，Harvey と Lawson の2つの論文（Acta Math., 148(1982), 47-157.; Amer. J. Math., 104(1982), 607-633.）を中心にまとめたものである。まず，Riemann 多様体 X 上に calibration の定義を与えて calibrated geometry の基礎的な考察を行い，X の foliation に calibration を定義する。そして，foliation に，minimality より条件のきつい geometrically tightness の概念，および homologically tightness の概念を導入し，calibration を用いてそれらの間の関係について論じ，例として $C^\infty$ fibre bundle 上の foliation，および contact foliation の tightness について論じる。最後に，ある条件のもとで foliation が minimal になる事と geometrically tight になる事とが同値になる事を calibration の概念を通じて導き出す。

(R2.23)

千葉大学

後藤 亨

Harmonic foliations on a complex projective space

中川久雄－高木亮一の両先生は、昨年次の結果を証明された。

定理　　M を compact 非負定曲率 Riemann 多様体、$\mathcal{F}$ をその上の harmonic foliation とする。そのとき、もし、normal plane field $\mathcal{F}^\perp$ が minimal ならば、$\mathcal{F}$ は、totally geodesic である。

さて、この修士論文では上の定理が、

$$M = \text{“複素射影空間”}$$

の場合にもそのまま成り立つことを証明する。

(R2.4)

木村　仁美

## $C^\infty$-関数のジェットの $C^0$-sufficiency について

$C^\infty$-関数の分類については、Kuo-Bochnak-Łojasiewicz によって $C^0$-sufficiency と V-sufficiency の同値性が示されているが、$C^0$-sufficient な関数の集合を特徴づけることは容易ではない。本論文では、その方向の部分的結果として次のことを示した。

$J^r(n,1) = \{$ r-jets の集合 $\}$

$S = \{$ $C^0$-sufficient でない r-jets の集合 $\}$

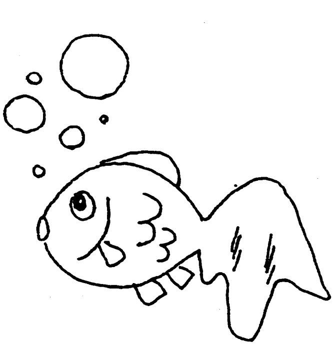
とするとき、

$$S \subset W \subset J^r(n,1),$$

$$\dim S < \dim W < \dim J^r(n,1)$$

を満す closed semi-algebraic set $W$ の存在を示し、その若干の応用を与えた。

(R2.15)



東京大学

今野 宏

## Chern character の localization formula について

$X$ を $2\ell$ 次元 compact oriented manifold とする。$\xi^0, \xi^1$ を $X$ 上の rank の等しい vector 束で、$\nabla^0, \nabla^1$ をその上の connection とする。$u$ を $\mathrm{Hom}(\xi^0, \xi^1)$ の section とする。$u_x : \xi^0_x \to \xi^1_x$ $(x \in X)$ が同型とならない点の集合が、互いに交わらない compact な submanifold $M_i$ $(i=1,\cdots,n)$ からなるとする。このとき、

$$\int_X ch(\xi^0) - ch(\xi^1) = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\sqrt{-1}}{2\pi}\right)^{\ell} \int_{V_i} \mathrm{tr}_s\, e^{R^{(i)}}$$

が成り立つ。但し、$\pi_i : V_i \to M_i$ を $M_i$ の normal 束とする。$\xi = \xi^0 \oplus \xi^1$ の $M_i$ への制限を $\pi_i$ により $V_i$ 上に引き戻したものを $E_i = E_i^0 \oplus E_i^1$ とし、その上の connection を $\nabla^{(i)}$ とする。$\tilde{u}_i$ という $\mathrm{Hom}(E_i^0, E_i^1)$ の section を、$M_i$ の管状近傍における $u$ のふるまいによって適当に定める。$D^{(i)} = \nabla^{(i)} + \sqrt{-1}\begin{pmatrix} 0 & \tilde{u}_i^* \\ \tilde{u}_i & 0 \end{pmatrix}$ とすると、$D^{(i)}$ は $E_i$ 上の superconnection となる。$R^{(i)}$ を $D^{(i)}$ の curvature とし、$\mathrm{tr}_s$ を supertrace とする。

(R2.23)

河澄響矢

## 1. Folding Surface Bundles of Genus 2

種数2のRiemann面には標準的に超楕円対合という6ヶの固定点をもつ対合があり、その商空間はRiemann球面となることが知られている。この論文では任意のoriented $C^\infty$ $\Sigma_2$束にfiberを保つ対合で、その固定点集合が各fiberと6点で横断的に交わるものが、fiberを保つisotopyを除いて一意に定まることを示した。証明には小平・Spencerの楕円型作用素の変形についての定理を用いた。その応用として$\mathrm{Diff}_0\Sigma_2$の弱可縮性（Earle-Eellsは$\mathrm{Diff}_0\Sigma_g$ $(g \geq 2)$の可縮性を示している。）及W. Meyerの定理：閉oriented多様体上の$C^\infty$ oriented $\Sigma_2$束の全空間のsignature $= 0$の簡単な別証を与えた。これはKas (Amer. J. of Math. 90 (1968))の一定理の位相幾何への翻案である。

2. $S^2$の基点をもつ mapping class group の cohomology と $\mathbb{P}^1$上の $n$ 点集合の moduli の homotopy型について.

前半は Arnol'd の平面 braid 群の cohomology の計算の方法及結果を用いて

$$H^*(\pi_0 \mathrm{Homeo}^+(S^2, n\text{点集合を集合として保つ}); \mathbb{C}) \cong H^*(pt : \mathbb{C})$$

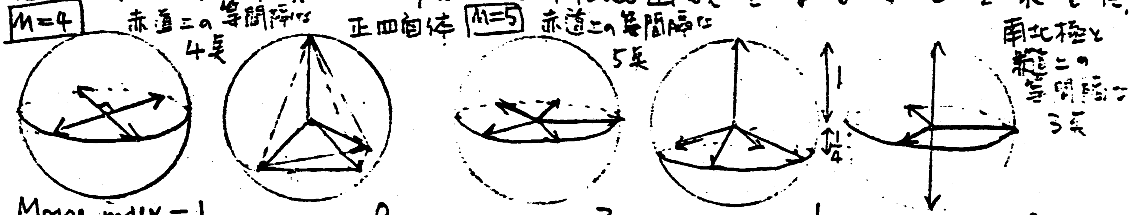
を示したものである。要点は次の2つである.

① $S^2$の$n$点の配置の空間（平面の場合と違い $K(\pi,1)$ではない）の homotopy 群を一次分数変換の群 $PSL(2,\mathbb{C})$で割って消す.

② $H^*(\pi_0\mathrm{Homeo}^+(S^2, n\text{点を各点毎にとめる}))$への対称群 $\mathfrak{S}_n$ の作用をみる. —— 計算したあと $n=6$の場合 Lee-Weintraub が1985年の"Topology"で同様の方法で計算していたことを知ったが、彼らの方法だけで、一般の $n$ に対し②を実行するのは非常に困難なので、修論にした。

後半は $S^2$上の $n$点の配置の空間 $P_n=(S^2)^n-\{z_\alpha=z_\beta;\ \exists\alpha\neq\exists\beta\}$ の各点を、距離に反比例する斥力を互いに及ぼしあう「電荷」の配置と考え、その「energy」を考えたものである。

ここでは $n=4,5$ のときそのつりあいの配置が以下に示したものに限られることを示し、$n=4,5$のとき「energy」が回転群 $SO(3)$の方向を除いて Morse 関数となることを示した.




Morse index = 1　　0　　2　　1　　0

応用として $\mathbb{P}^1$上の5点集合の moduli $P_5/PSL(2,\mathbb{C})/\mathfrak{S}_5$ の可縮性を示した。尚、$P_4/PSL(2,\mathbb{C})/\mathfrak{S}_4=\mathbb{C}$ はたやすく分る。又、超楕円積分を通じて $P_6/PSL(2,\mathbb{C})/\mathfrak{S}_6$ は種数2の Riemann 面の moduli となるが、これは井草により $\mathbb{C}^3/\mathbb{Z}_5$（作用は線型）となる（特に可縮である）ことが代数幾何的に示されている。

(R2.25)

高倉 樹

# Seifert fibered homology 3-sphere の基本群の表現空間における Morse theory

Homology 3-sphere $\Sigma$ の研究において、

$$R(\Sigma) = \mathrm{Hom}(\pi_1(\Sigma), SU(2)) / SU(2)$$

なる空間は重要であり、特に Casson's invariant $\lambda(\Sigma)$ や instanton homology (Floer homology) $I_*(\Sigma)$ の定義に関与する。本論文では、$\Sigma = \Sigma(a_1, \cdots, a_n)$ ; Seifert fibered homology 3-sphere の場合を扱う。この場合に対しては、R. Fintushel と R. Stern の論文 (Instanton Homology of Seifert fibered Homology Three Sphere, preprint, 以下 [F-S] と略記) により、$I_*(\Sigma)$ の計算法がかなり具体化されており、その際、$R(\Sigma)$ 上の Morse function が重要な役割を果たす。

さて、今の場合、$R(\Sigma)$ は closed manifold で、$0, 2, \cdots, 2n-6$ 次元の連結成分をもつ ([F-S])。本論文の主な結果は次である。

Theorem. $R(\Sigma)$ (の各連結成分)上に、次をみたす Morse function が存在する：各 critical point における index はすべて偶数。

この内容は [F-S] において Conjecture として述べられていたもので、[F-S] の結果とあわせると次が得られる。

Corollary $\forall \Sigma = \Sigma(a_1, \cdots, a_n)$ ; as above に対し $I_*(\Sigma)$ は torsion free, かつ $I_{odd}(\Sigma) = 0$ .

(R2.25)

## 東京工業大学

宮本　洋介

Degeneration of hyperbolic truncated tetrahedra and its volume and surface area

hyperbolic truncated tetrahedra は双曲的多面体の一種で、６角形の面４個と、３角形の面４個を持っている。全測地的境界を持つ任意の双曲的３次元多様体は、いくつかの truncated tetrahedra の６角形の面を貼り合わせることによって構成することができる。このとき多様体の境界は３角形の面で構成される。一方、一般的に全測地的境界を持つ双曲的３次元多様体Ｍに関して、$\mathrm{Vol}(M) \geqq \mathrm{const} \cdot \sqrt{\mathrm{Area}(\partial M)}$ という関係がある。したがって、このような多様体の一部分としての truncated tetrahedra の体積と、多様体の境界の一部である３角形の面の面積は、この関係を反映するかどうかが問題である。

本論文ではこの問題に対し、もし上記の関係に反して、 truncated tetrahedra が３角形の面の面積を正に保ちながら、体積が０へ収束するように degenerate するならば、その degeneration は２つのタイプに限定されることを示した。また、そのおのおののタイプに、実際にそのように degenerate する例が存在することを、十分条件を与えることによって示した。

(R2.23)

## 早稲田大学

大串　康子

結び目の triviality index について

以下のような定義をする。

定義1. Kをknot, $\tilde{K}$をKのdiagram, $A_1, \cdots, A_n$を$\tilde{K}$の空でないcrossingの集合とする。以下の2つの条件を満たすとき$\tilde{K}$が$\{A_1, \cdots, A_n\}$に関しn-trivial diagramであるという。

(1) $A_i \cap A_j = \phi \quad (i \neq j)$

(2) $\{A_1, \cdots, A_n\}$の任意の空でない部分集合のcrossingでcross changeするとtrivial knot diagramが得られる。

定義2. Kがn-trivial diagramを持ち、(n+1)-trivial diagramを持たないときnを$O(K)$で表す。この$O(K)$をKのtriviality indexという。

次の定理を証明した。

定理. 1より大きい任意の自然数nを1つ与えると、$O(K)=n$であるようなnontrivial knot Kは無限個存在する。

(R2.25)

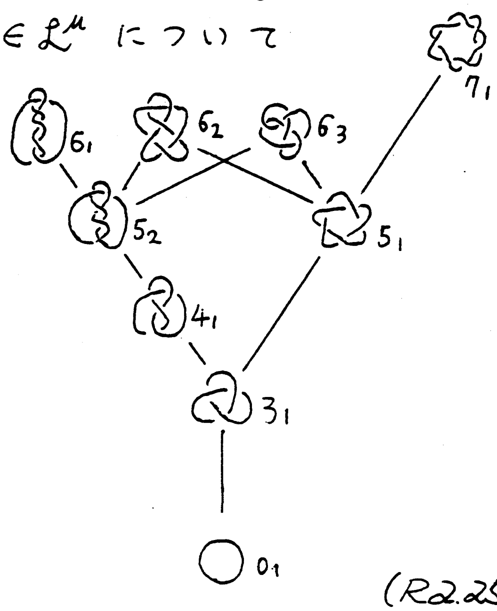
谷山公規

<u>結び目の半順序</u>

$\mathcal{L}^{\mu}$を$S^3$内の$\mu$-成分絡み目全体とする。$L\in\mathcal{L}^{\mu}$に対し、PROJ(L)で、Lが$S^2(\subset S^3)$上にとりうる正則射影図全体の集合を表す。ただし射影図は、2重点における上下の情報は持たないものとする。$L_1, L_2\in\mathcal{L}^{\mu}$について

$L_1\leqq L_2 \Leftrightarrow PROJ(L_1)\supseteq PROJ(L_2)$

と定義する。$(\mathcal{L}^{\mu},\leqq)$は、pre-ordered setとなる。この定義のもとで、$(\mathcal{L}^{1},\leqq)$と$(\mathcal{L}^{2},\leqq)$の順序が、6交点まで決定できた。右図は、素な結び目についてのHasse図の一部である。さらに、$\mu\geqq 2$について、$(\mathcal{L}^{\mu},\leqq)$に昇鎖が存在することが証明できた。




(R2.25)

# 金沢大学

平井喜之

<u>Representing homology classes of connected sums of 2-sphere bundles over $S^2$</u>

$S^2$上の$S^2$-バンドルのdiffeomorphism classは、$S^2\times S^2$, $\mathbb{C}P^2\#\overline{\mathbb{C}P^2}$の2つである。それぞれの連結和における2次元ホモロジー群の元のsmoothly embedded $S^2$による実現可能性を考える。$S^2\times S^2$, $\mathbb{C}P^2\#\overline{\mathbb{C}P^2}$については久我, Lawsonによってこの問題の必要十分条件が得られた。私は, $2(S^2\times S^2)$, $3(S^2\times S^2)$, $2(\mathbb{C}P^2\#\overline{\mathbb{C}P^2})$, $3(\mathbb{C}P^2\#\overline{\mathbb{C}P^2})$の場合について, 次のような結果を得た。

Theorem 1. $\gamma \in H_2(n(S^2 \times S^2))$ $(n=1,2)$ が、smoothly embedded $S^2$ で表わせる $\Leftrightarrow$ $\gamma$ は primitive or $\gamma^2 = 0$

Theorem 2. $\gamma \in H_2(2(\mathbb{CP}^2 \# \overline{\mathbb{CP}^2}))$ が smoothly embedded $S^2$ で表わせるための必要十分条件は、$\gamma$ が次の条件の一つを満たすことである。

① $\gamma$ は characteristic and $\gamma^2 = 0$

② $\gamma$ は ordinary and primitive ③ $\gamma$ は ordinary and $\gamma^2 = 0$

④ $\gamma = 2y$ ($y$ は $y^2 = \pm 1, \pm 2$ なる primitive ordinary class)

⑤ $\gamma = 3y$ ($y$ は $y^2 = \pm 1$ なる primitive ordinary class)

Theorem 3. $\gamma \in H_2(3(\mathbb{CP}^2 \# \overline{\mathbb{CP}^2}))$ を ordinary class とする。$\gamma$ が smoothly embedded $S^2$ で表わせるための必要十分条件は、$\gamma$ が次の条件の一つを満たすことである。

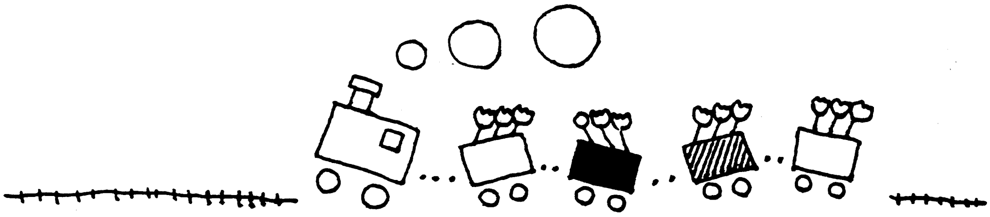
① $\gamma$ は primitive ② $\gamma^2 = 0$

③ $\gamma = 2y$ ($y$ は $y^2 = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ なる primitive ordinary class)

④ $\gamma = 3y$ ($y$ は $y^2 = \pm 1$ なる primitive ordinary class)

$S^2 \times S^2$, $\mathbb{CP}^2 \# \overline{\mathbb{CP}^2}$ の場合の証明は Donaldson の定理が本質的であったが、Theorem 1 の証明は Donaldson の定理に依らずに証明できる。また、ordinary の場合に限れば $4(\mathbb{CP}^2 \# \overline{\mathbb{CP}^2})$, $5(\mathbb{CP}^2 \# \overline{\mathbb{CP}^2})$ の場合の必要十分条件がわかる。また characteristic の場合も多くの場合に部分解が得られる。

(R2.20)



## 信州大学

池沢 健夫

コホモロジー球面への群作用

有限次元、有限軌道型、G-CW複体 X に対し、G を階数 k の p-torus とすれば、Borel cohomology に関する localization Theorem、$S^{-1}H_G^*(X) \cong S^{-1}H_G^*(X^G)$ が成り立つ。(ここで S は $H^*(BG)$ のある multiplicative closed set) この定理を用いて、Smith の定理を証明した。また、その応用として SU(2) (SO(3)) が自由に作用する $S^n$ ($RP^n$) は $n \equiv 3 \mod 4$ の場合に限ることを示した。なお、本文は、T. tom Dieck, Transformation groups, Walter de Gruyter の中の1つのテーマに関する総合報告である。

(R2.20)

## 名古屋大学

小谷健司(おだにけんじ)

閉曲面上の流れの非自明回帰軌道について

閉曲面Mとその上の continuous flow $\varphi$ を考え, $\varphi$ の orientable (resp. non-) nontrivial recurrent orbit の(本質的な)個数 $NR^+(M, \varphi)$ (resp. $NR^-$) を定義する. 主定理はそれらをMの genus で評価する評価式である. この定理は Markley と Gutierrez の結果の拡張になっているだけでなく, それらの別証明をも与えている. またこの定理がある意味において最良の結果であることも述べている. また3次元多様体においては, $NR^+(M, \varphi)$ が連続濃度になり得ることについても言及している. (これらの結果は昨年の秋期学会等で発表済み).

(R2.23)

上林 達

Symplectic 多様体の符号定理について

(R2.25)

中村 元

Ricci 曲率正の直径球面定理に向けて

リッチ曲率と直径が球面に近ければ球面に位相同型

(R2.25)

京都大学

玉木 大

コホモロジーが外積代数になるCW-複体の安定レトラクションについて

CW-複体 X について、次の条件を考える。

i) $X = S^{a_1} \cup e^{a_2} \cup e^{a_1+a_2}$

ii) $H^*(X; \mathbb{Z}/2\mathbb{Z}) \cong \Lambda(u_{a_1}, u_{a_2})$, $\deg u_{a_i} = a_i$, $i=1,2$

かつ、$Sq^{a_2-a_1} u_{a_1} = u_{a_2}$

iii) 部分複体 $S^{a_1} \cup e^{a_2}$ は、X の安定レトラクション

この時、次のことがわかる。

定理 上の i)〜iii) の条件をみたすCW-複体が存在するための必要十分条件は、

$$a_2 - a_1 = 2^t,\ a_1 \equiv -1 \bmod 2^{t+1},\ t = 0, 1, 2, \text{又は} 3$$

$H^*(E_6/F_4; \mathbb{Z}/2\mathbb{Z}) \cong \Lambda(x_9, x_{17})$, $Sq^8 x_9 = x_{17}$ より次を得る。

系 $E_6/F_4$ は、17-スケルトンに安定レトラクトしない。よって、$E_6/F_4$ の接束は、安定自明ではない。 (R2.25)

田辺理正

On the non triviality of the Greek letter elements in the Adams-Novikov $E_2$-term

球面の安定ホモトピー群の p 成分（p: 素数）に収束する Adams-Novikov スペクトル列の $E_2$ 項 $E_2^{a,b}=\mathrm{Ext}^{a,b}_{BP_*(BP)}(BP_*, BP_*)$（ここで BP は p における Brown-Peterson スペクトラム）には各自然数 $n, t$ に対してギリシャ文字元 $\alpha_t^{(n)}\in E_2^{n,b(t)}$（ここで $b(t)=2(tp^n-p^{n-1}-\cdots-p+n-t-1)$）を定義することができる。$n\leq 3$ の時はこれらの元の非自明性に関する結果は既に知られているが，$n\geq 4$ の場合も次の結果を示すことができる。

定理 $p\geq n\geq 4$ かつ $1\leq t\leq p-1$ なら $\alpha_t^{(n)}\neq 0$ で，さらにこれらの元は p で割れない。

(R2.25)

辻井　正人

双曲型の測度のエルゴード分解

$f: M\to M$ を $C^2$ 多様体 $M$ の微分同相とし、$\mu$ を $f$ で不変であるような確率測度で双曲型、すなわち Lyapunov exponent が a.e. nonzero であるものとする。$\mu$ がさらに次のような条件(*)をみたすとき、$\mu$ は可算個の ergodic な部分に分解されることを示した。

(*) $\mu(X)>0$ ならば $W^s(X)$ は正の Riemanian volume をもつ。

ここで

$$W^s(X)=\{y\in M \mid \exists x\in X \ \limsup_{n\to\infty}\frac{1}{n}\log d(f^n x, f^n y)<0\}$$

(R3.1)

MI・OO・SHI !!!

関西学院大学

中尾正広

## Spatial θ-curves の $\mathbb{Z}_2 \oplus \mathbb{Z}_2$ Branched Coverings

θ-curve（2個の頂点を3本の辺で結ぶグラフ）を $S^3$ に埋め込むと，θ-curve に含まれるサイクルは knot と考えられる。これを θ-curve の constituent knot といい，実際 θ-curve は3つの constituent knots を持つ。

本論文では，$S^3$ に埋め込まれた θ-curve についてその $\mathbb{Z}_2 \oplus \mathbb{Z}_2$ branched covering $\overline{M}(\theta)$ と3つの constituent knots $k_1, k_2, k_3$ の 2-fold branched coverings $\overline{M}_2(k_1)$, $\overline{M}_2(k_2)$, $\overline{M}_2(k_3)$ との関係を調べて，次の結果を得た。

一般に

$$H_1(\overline{M}(\theta):\mathbb{Z}) = H_1(\overline{M}_2(k_1):\mathbb{Z}) \oplus H_1(\overline{M}_2(k_2):\mathbb{Z}) \oplus H_1(\overline{M}_2(k_3):\mathbb{Z})$$

が成立する。しかし，

$$\pi_1(\overline{M}(\theta)) = \pi_1(\overline{M}_2(k_1)) * \pi_1(\overline{M}_2(k_2)) * \pi_1(\overline{M}_2(k_3))$$

は必ずしも成立しない。

(R2.17)

山田 ルミ

## Trivial Knot の Symmetric Union と Lickorish-Millett 多項式

近年，Lickorish と Millett によって，oriented link に対する2変数の多項式（Lickorish-Millett 多項式）が link type の invariant として定義された。

本論文では，S. Kinoshita と H. Terasaka によって導入された knot の symmetric union の概念に基づき，特に trivial knot の symmetric union（この Alexander 多項式が1であることはすでに証明されているが）に焦点を当ててその Lickorish-Millett 多項式の計算を行った。そして多項式の持つ基本的な性質を考察することにより，このような symmetric union の chirality を調べ，knot type の分類を行った。

(R2.17)

神戸大学

内田 吉昭

## Universal knot と link について

3次元球面内の knot (link) K が universal とはすべての closed, orientable 3-manifold が K 上分岐する $S^3$ の分岐被覆空間として得られることである。

Hilden 達により 2-bridge knot に対して universal となるための必要十分条件がみつけられた。また 2-bridge knot のあるクラスの2つの connected sum で universal となるものをみつけている。そこで、2-bridge knot の2つの connected sum で universal となるもののクラスを拡張した。そして、ある条件をもっては pretzel knot が universal となる事を示した。そして $p(-b:2,2,\cdots 2)$ の形の pretzel link に対して universal となるための必要十分条件を導きだした。

(R2.17)

岡山大学

尾崎保之

## 球面上の G-構造について

$G_n$ で $SO(n)$, $SU(n)$, $SP(n)$ を表わす。次の主 $G_n$-バンドル $G_n \longrightarrow G_{n+1} \to G_{n+1}/G_n \cdots (*)$ ( $G_{n+1}/G_n \approx S^{d(n+1)-1}$ $d=1,2,4$ ) が、$G_n$ の連結閉部分群(以下単に部分群と表わす) H に構造群の簡約(以下、単に簡約と表わす)をもつかどうかを考える。H が $G_{n-k}$ のときは、J. F. Adames, G. Walker, F. Sigrist, U. Suter により Stiefel 多様体の切断問題として、解かれている。H が一般の場合は、P. Leonard が、$G_n = SO(n)$ で $n$ が偶数のとき $n=6$ で $SU(3)$, $U(3)$ に簡約を持つ以外、また $G_n = SU(n)$ で $n$ が偶数のとき、$G_n = SP(n)$ で $n \not\equiv 11\ (12)$ のとき、$G_n$ の部分群に簡約をもたないことを証明した。

修士論文では，P. Leonard の方法を利用して，次の結果を得た。ただし，$b_k, c_k$ は James 数とする。

(i) $G_m = SO(m)$ の場合。$m \equiv 2^{\alpha}-1 \ (2^{\alpha+1})$ と表わすことにする。

- $\alpha = 1$ の場合、$SO(m-1)$, $SU(\frac{m-1}{2})$, $U(\frac{m-1}{2})$ に簡約をもち、$m \neq 9, 17$ のとき、$SO(m-1)$ の他の部分群に簡約をもたない。
- $\alpha = 2$ の場合、$SO(m-3)$, $SU(\frac{m-3}{2})$, $U(\frac{m-3}{2})$, $SP(\frac{m-3}{4})$, $SP(\frac{m-3}{4}) \times_{\mathbb{Z}_2} U(1)$, $SP(\frac{m-3}{4}) \times_{\mathbb{Z}_2} SP(1)$ に簡約をもち、$m \neq 11, 19$ のとき $SO(m-3)$ の他の部分群に簡約をもたない。
- $\alpha \geqq 3$、$\alpha \equiv 0 \ (4)$ の場合，$SO(m-2\alpha)$ に簡約をもち，$m \neq 15$ のとき，$SO(m-2\alpha)$ の部分群に簡約をもたない。
- $\alpha \geqq 3$，$\alpha \equiv 1, 2, 3 \ (4)$ も同様の議論ができる。

(ii) $G_m = SU(m)$ の場合。$b_{2k} \mid m+1$ かつ $b_{2k+1} \nmid m+1$ $(k \geqq 2)$ のとき、$2b_{2k} \mid m+1$ もしくは，$k \in \{ s+t2^{2s-1} \mid s, t \in \mathbb{N}$ 自然数$\}$ ならば，$SU(m+1-2k)$，$SP(\frac{m+1-2k}{2})$，に簡約をもち、$SU(m+1-2k)$ の他の部分群に簡約をもたない。

(iii) $G_m = SP(m)$ の場合。$c_k \mid m+1$ かつ $c_{k+1} \nmid m+1$ $(k \geqq 1)$ のとき，$SP(m+1-k)$ に簡約をもち、$SP(m+1-k)$ の部分群に簡約をもたない。

(R2.25)

# 広島大学

**市川　浩貴**

**Stiefel-Whitney 類による Wu 類の表示におけるいくつかの単項式**

安定ベクトル束の分類空間 $BO$ のコホモロジー環 $H^*(BO; Z_2)$ は多項式環 $Z_2[w_1, w_2, w_3, \cdots]$ である．ただし,$w_i$ は $i$ 次普遍 Stiefel-Whitney 類である．普遍 Wu 類は帰納的に $v_0 = w_0 = 1$,　$v_i = w_i + \sum_{k=1}^{i} Sq^k v_{i-k}$　$(i \geq 1)$ により定義されている．従って，Wu 類は Stiefel-Whitney 類の多項式として表示される．

この論文では,Wu 類における $w_i^2$, $w_j w_1^k (i \geq 1,\ j \geq 2,\ k \geq 0)$ の形の単項式について調べ, 次の結果を得た．

$H^{2i}(BO; Z_2) \ni A, B$ とする．$A + B$ に単項式 $w_i^2$ が存在しないとき, $A \sim B$ と定義する．また $i \geq 1$ に対して, $i = 2^{i_1} + 2^{i_2} + \cdots + 2^{i_s}$ $(i_1 > i_2 > \cdots > i_s \geq 0)$ と表し, $\sigma(i) = s$ と書く．

**定理 1.**

$$\sigma(i) = 1,\ 2 \text{ のとき,} \qquad v_{2i} \sim w_i^2.$$
$$\sigma(i) \geq 3 \text{ のとき,} \qquad v_{2i} \sim 0.$$

$H^i(BO; Z_2) \ni A, B$とする．$A + B$において各 $2 \leq j \leq i$ に対する単項式 $w_j w_1^{i-j}$ が存在しないとき, $A \approx B$と定義する.

**定理 2.**

$$\sigma(i) = 1 \text{ のとき,} \qquad v_i \approx \textstyle\sum_{j=\frac{i}{2}+1}^{i} w_j w_1^{i-j}.$$
$$\sigma(i) = 2 \text{ のとき,} \qquad v_i \approx \textstyle\sum_{j=2^{i_2}+1}^{2^{i_1}} w_j w_1^{i-j}.$$
$$\sigma(i) \geq 3 \text{ のとき,} \qquad v_i \approx 0.$$

(R2.25)

高知大学

大野　英徳

## Borsuk-Ulamの定理の一般化

$S^{2n+1}$を$n+1$次元複素数空間$\mathbb{C}^{n+1}$における単位球面とする。任意の自然数$q$に対し.連続写像$T_q: S^{2n+1} \longrightarrow S^{2n+1}$を

$$T_q(z_0, z_1, \cdots, z_n) = (e^{2\pi i/q} z_0, e^{2\pi i/q} z_1, \cdots, e^{2\pi i/q} z_n) \quad (i = \sqrt{-1})$$

によって定義する。この作用$T_q$による軌道空間$S^{2n+1}/Z_q$を$L^n(q)$で表し、mod $q$ レンズ空間とよぶ。$L^n(1)$は$S^{2n+1}$自身にほかならない。任意の自然数$p, q, t$に対し、$T_{pq}: S^{2n+1} \longrightarrow S^{2n+1}$, $T_{pt}: S^{2m+1} \longrightarrow S^{2m+1}$ はそれぞれ$L^n(q)$, $L^m(t)$の不動点のない周期$p$の変換 $\overline{T}_p: L^n(q) \rightarrow L^n(q)$, $\overline{T}_p: L^m(t) \rightarrow L^m(t)$をひきおこす。連続写像$f: L^n(q) \longrightarrow L^m(t)$が$Z_p$-mapといわれるのは、$f\overline{T}_p = \overline{T}_p f$が成り立つとき、しかもその時に限る。われわれはBorsuk-Ulamの定理のある意味での一般化であるところの次の3つの結果を得た。

<u>定理1.</u>　$p$を任意の素数とし、$q, t$を$p$と素な整数とする。$Z_p$-map $f: L^n(q) \longrightarrow L^m(t)$が存在すれば $n \leqq m$である。

<u>定理2.</u>　$p$を任意の素数とし、$q, t$を$p$と素な整数とする。$Z_p$-map $f: L^n(pq) \longrightarrow L^m(t)$が存在すれば $n \leqq pm$である。

<u>定理3.</u>　$p$を任意の素数とし、$q, t$を$p$と素な整数とする。$Z_p$-map $f: L^n(pq) \longrightarrow L^m(pt)$が存在するならば $\left[\frac{n-1}{p}\right] \leqq \left[\frac{m-1}{p}\right]$である。



(R2.15)

小松　和志

# 4元数球型空間形のJ群の元の位数とその応用

$H_m=\{x, y \mid x^{2^{m-1}}=y^2, xyx=y\}$ $(m\geqq 2)$を一般4元群とし，$N^n(m)=S^{4n+3}/H_m$を4元数球型空間形とする。$n\geqq 0$のとき，自然な包含写像において$N^{n+k}_k(m)=N^{n+k}(m)/N^{k-1}(m)$を考える。

次に，$\lambda$を4元射影空間$HP^n$上の標準複素平面バンドルとし，$\pi: N^n(m)\to HP^n$を自然な射影，$r:\tilde{K}(N^n(m))\longrightarrow \widetilde{KO}(N^n(m))$をreal restrictionとする。この時，$\widetilde{KO}(N^n(m))$の元$v$を$v=r(\pi^*\lambda-2)$と定義する。$J:\widetilde{KO}(N^n(m))\longrightarrow \tilde{J}(N^n(m))$をJ-準同型写像とする。$J(v)$の位数$\#J(v)$は，$m\leqq 3$の場合には，決定されている。われわれは，$m=4$の場合の$\#J(v)$を決定した。

定理1. $J(v)\in\tilde{J}(N^n(4))$の位数は$2^{2n+1+\varepsilon}$である。ここで，$n\equiv 0 \bmod 4$ならば，$\varepsilon=1$，他の場合には$\varepsilon=0$。

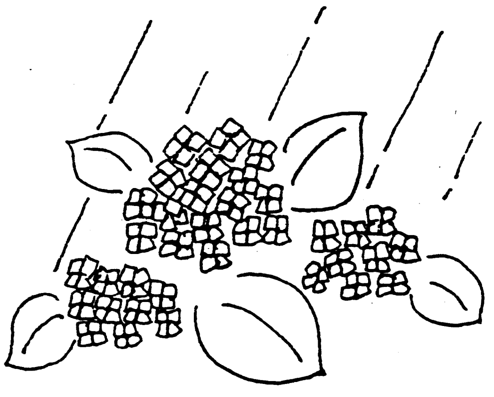
定理1の証明は$\widetilde{KO}(N^n(m))$の加法構造(K.Fujii)に依っている。

定理1とM.F. Atiyah-H. $\bar{\text{O}}$shimaの結果から，次の応用を得る。

定理2. $k\equiv j \bmod 2^{2n+1+\varepsilon}$ならば，$N^{n+k}_k(4)$と$N^{n+j}_j(4)$は同じS-typeをもつ。ここで，$n\equiv 0 \bmod 4$ならば，$\varepsilon=1$，他の場合は$\varepsilon=0$。

また，$N^{n+k}_k(m)$のS-dualの情報と定理1から，別の結果も得られる。

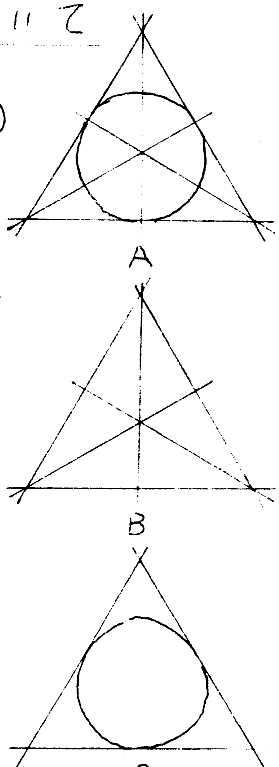
(R2.15)



九州大学

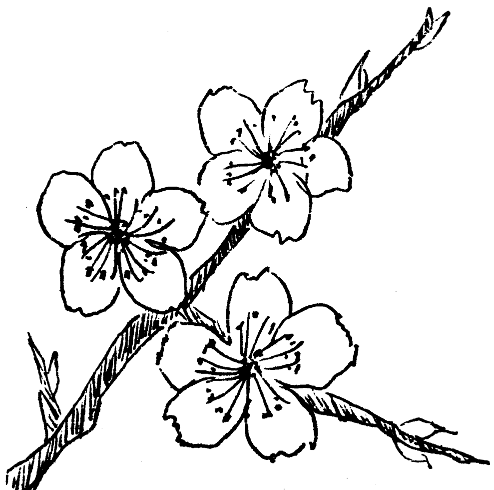
山宮茂樹

$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-\mathbb{P}^2(\mathbb{F}_2))$ の generators と relations について




複素射影平面$\mathbb{P}^2(\mathbb{C})$内の図形A（$\mathbb{P}^2(\mathbb{F}_2)$と呼ぶ）に関して、$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-A)$の generators と relations を求めた。Aから二次曲線を除いた図形Bに関する$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-B)$と、Aから三本の複素直線を除いた図形Cに関する$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-C)$は、良く知られている。ここで求めた$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-A)$の relations は generators のある物達を1とすれば$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-B)$や$\pi_1(\mathbb{P}^2(\mathbb{C})-C)$の標準的な relations に一致する様な応用上、便利なものである。ちなみに、Aの上で確定特異点を持つ階数3の線形偏微分方程式は近年、構成された。

(R2.18)



博士論文

金沢大学

奥村 善英

# Global real analytic coordinates for Teichmüller spaces

Riemann 面 $R$ は次の (1) と (2) を満たすとき、$(g;n,\nu_1,\cdots,\nu_n;m)$ 型(あるいは簡単に $(g;n;m)$ 型)であるといわれる。

(1) Riemann 面 $R$ は、genus $g$ $(\geq 0)$ の閉 Riemann 面から互いに素な $m$ $(\geq 0)$ 個の closed conformal disks と $n$ $(\geq 0)$ 個の点を除いたものと等角同値になる。

(2) 除かれる $n$ 個の点を $p_1,p_2,\cdots,p_n$ とする。このとき各 $p_j$ $(j=1,\cdots,n)$ に $\nu_j\in\{2,3,\cdots,\infty\}$ が、$\nu_1\leq\nu_2\leq\cdots\leq\nu_n$ を満たすようにつけられている。

以下、$R$ の普遍被覆面として単位円板 $\mathbf{D}=\{z\in\mathbf{C}\mid |z|<1\}$ がとれ、$R$ の基本群が $\mathbf{D}$ に作用する Fuchs 群に対応するように、$R$ の signature が $2g+n+m\geq 3$、そして $m=0$ のときには、さらに、$2g-2+\sum_{j=1}^{n}(1-1/\nu_j)>0$ を満たしているものだけを考える。Riemann 面 $R$ に対する Teichmüller 空間 $\mathrm{T}(R)$ (粗く言えば、$R$ と同じ signature をもつ Riemann 面のある同値類の集合) は実解析多様体になり、実次元が $6g-6+2n+3m$ ($=d$ とおく) になっている。

この論文では $T(R)$ の大域的実解析座標について研究する。このような座標は、Riemann (1857) 自身が $(g;0;0)$ 型の場合を考えたのが最初で、その後、Fricke, Klein, Teichmüller, Fenchel, Nielsen, Keen, Kra, Zieschang school, Sorvali, Seppälä, Wolpert 等の人々が取り組んでいる。$T(R)$ の大域的実解析座標として、Riemann 面上の閉測地線の長さだけからなるものがとれる。$(g;0;m)$ 型については Keen (1971, 1977) により示され、$(g;n;m)$ 型については、Okumura (1985) により示された。ここで、彼等は各場合に $9g-9+3n+4m$ 個の座標で十分なことを示した。しかしこの数は一般には実次元よりも大きくなっている。最近、Wolpert はこの方法による $(g;0;0)$ 型の座標の最小個数が、いつでも実次元より大きくなることを述べた (未発表)。また、Seppälä and Sorvali (1988) はこの場合に、$d+2$ 個の座標で十分であることを示し、そしてこの数が最小個数であると予想した。

当学位論文では、以上の結果の拡張である次の定理を与える。

定理　この方法による $(g;n;m)$ 型の座標の個数を以下のようにすることが出来る。

(*i*)　$m\neq 0$ なら、　$d$ 個、

(*ii*)　$m=0, n\neq 0$ なら、　$d+1$ 個、

(*iii*)　$m=n=0$ なら、　$d+2$ 個。

(*iii*) の証明方法は、Seppälä and Sorvali (1988) と全く異なる。この定理より、(*i*) のときの座標の最小個数が実次元に一致することが分る。

(R2.20)

## 名古屋大学

下村尚司

<u>鎖成分から見た離散力学系の構造といくつかの応用</u>

コンパクト距離空間$(X,d)$上の離散力学系$(X,f)$の鎖成分とは、任意に小さい$\varepsilon>0$による$\varepsilon$鎖$\{x_i\}$ $d(f(x_i),x_{i+1})<\varepsilon$によって、互いに結ばれる$X$の部分集合を言う。これらは、Hausdorff metricによってtotally disconnectedであり、各々のtotally disconnected abel群のminimalなtranslationへの普遍的な商を考えることによって、POTP、一意エルゴード性、トポロジカルエントロピー等の相互関連を考察した。

(R2.28)

## 大阪大学

**山田修司**

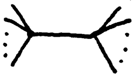
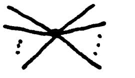
**<u>３次元空間内に埋め込まれたグラフの位相的不変量</u>**

**$R^3$内に埋め込まれたグラフ（１次元複体）を spatial graph という. spatial graph を平面上に表示したものをグラフの diagram という. diagram D に対し，一変数 Laurent 多項式 R(D) を次のように再帰的に定義する.**

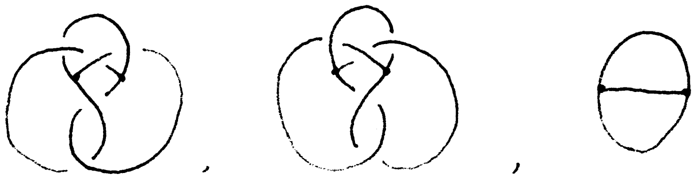
R(  ) = $-(-A-1-A^{-1})^n$,

$R(D_1 \sqcup D_2) = R(D_1)R(D_2)$, ($\sqcup$ : disjoint union)

R(  ) = AR(  ) + $A^{-1}$R(  ) + R(  ),

R(  ) = R(  ) + R(  ).

これは，spatial graph のある種の位相的不変量となる．この不変量により，例えば次の３つの spatial graph はその埋め込みが位相的に異なることが判る．



(R2.23)

## 広島大学

関根 光弘
河内の第2双対定理と4次元球内の閉曲面

Mを連結コンパクト有向$n$次元多様体とし$\widehat{M}$をMの無限巡回被覆とする。$p, q$を$p+q=n-2$を満たす整数としたとき$\Lambda$-加群(ただし$\Lambda$は整係数1変数ローラン多項式環)$H_p(\widehat{M})$, $H_q(\widehat{M}, \partial\widehat{M})$の適当な有限部分加群上に$\Lambda$-イソメトリックな非特異双一次形式が定義される事が河内氏により示されていた。(Osaka. J. Math (1986)) この論文に於いてさらに上の双一次形式が$\widehat{M}$の leaf $V^{n-1}$の linking pairing を制限したものから誘導されることを示し(定理2)，Mを有向4次元球$S^4$内に埋め込まれた有向閉曲面$\Sigma_g$の外部としたときに定理を適用し($n=4$, $p=q=1$)、既約な$S^4$内のトーラスであってその補空間の$\pi_1$がある2-knotの群とメリディアンを保存して同型であるもの(定理5)を構成した。またその為にホモロジー加群$H_*(\widehat{M})$が満たすべきいくつかの代数的必要条件を示した。

(R2.25)

九州大学

四反田 義美

Abstract homotopy theory and homotopy theory of functor category.

シリンダー函手とパス函手をもつ圏を公理的に特徴づけて抽象ホモトピー論を定義した。この公理化には次のような著しい特徴がある。

(1) ホモトピー圏$\mathcal{C}$は双対原理を満足する。

(2) 小圏$\mathcal{D}$からホモトピー圏$\mathcal{C}$への函手圏と$\mathcal{C}$から構成されるコンマ圏も又ホモトピー圏となる。

更に，誘導コファイブレーションのホモトピー的一意性によりD. Puppeの定理，J.H.C. Whiteheadの貼り合せ定理等の基本的命題が統一的に導けることを示した。

上記の抽象ホモトピー論の一例として位相小圏から位相空間の圏への連続函手のつくる圏を研究し，この圏が自然に胞体構造をもつことを発見した。この圏でコホモロジー論，ポストニコフ塔を構成して，$n$組ホモトピー論，同変ホモトピー論の一般化が可能なことを示した。

(R2.17)

岩瀬則夫

非安定Adams型スペクトル系列において消失していくある項

この論文では、基本アーベル$p$-群$V$から$Sp(1)$への準同型のホモトピー類と、それらの分類空間$BV$から$BSp(1)$の間の基点を保つ写像のホモトピー類との対応関係を考察した。$p=2$の場合には、H. Millerによってこれらは写像空間としても弱ホモトピー同値であることが示され、その証明は、$BV$から空間$Y$への基点を保つ写像のホモトピー類とそれらのコホモロジー環の間の環準同型(over Steenrod algebra)との対応関係から得られていた。

ここでは、単連結でない空間$Y$も同時に取り扱い、Bousfield Kanによる非安定Adams型スペクトル系列に、一時的にしかその存在が許されない項を新たに付加して、その$E_r$項を計算することで、奇素数$p$に対しても、準同型のホモトピー類は分類空間の間の写像[redacted]のホモトピー類と一対一に対応することを示した。 $Y$が単連結のときは、J. Lannesによって独立に、さらに一般的に、Miller予想の解決として得られた結果がある。

(R2.28)

topology news topology news topology news topology news topology news topology news

追加分

東京工業大学

小林真人

## 4次元閉多様体から平面への安定写像について

$\mathcal{M}_1$を単連結$C^\infty$-4多様体の中の次のような族とする

$\mathcal{M}_1 = \{M^4 \mid \pi_1(M^4)=1$ $\exists f: M^4 \to \mathbb{R}^2$ 安定, regularなfibreは$S^2$か$T^2$, quotient space $W_f$が$D^2$とhomeo$\}$

$\mathcal{M}_1$はかなり広い族で、ひょっとしたら全ての単連結4多様体と一致するかもしれないと予想される.

定理　$M \in \mathcal{M}_1$に対して簡単な安定写像を選ぶことができて$\mathcal{M}_1$の中のEuler数一定の族に対して discriminant $(f(M), fS(f))$ の diffeo type は有限　この簡単な写像の特異点集合 $S(f) = \amalg S^1$ (link) の連結成分の数について次の評価がなりたつ.

$$\# S(f) \leq \begin{cases} \frac{3}{2} b_2 + 1 & (b_2 = \text{2nd Betti \#} \text{ が even}) \\ \frac{3}{2}(b_2+1) & (b_2 \text{ が odd}) \end{cases}$$

系1　$\mathcal{M}_1$の中にはexotic $S^4$は存在しない

系2　$\mathcal{M}_1$の中にはexotic $\mathbb{C}P^2$は存在しない.

(R3.1)

藤井 道彦

Hyperbolic 3-manifolds with totally geodesic boundary

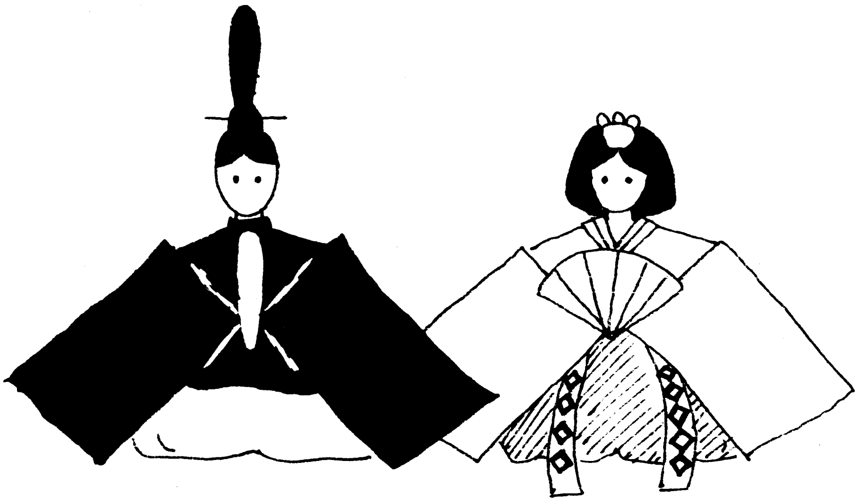
全測地的境界をもつコンパクトで向き付けられた双曲的3次元多様体(以後、単に双曲的3-多様体と呼ぶ)の境界となり得る、双曲的閉曲面のモジュライ全体は、リーマン・モジュライ空間の中で稠密な部分集合であろうとThurstonは主張している。そこで、そのような双曲的3-多様体を、truncated tetrahedronという3次元双曲空間$H^3$内の測地的多面体のはりあわせで、実際に種々構成してみることにする。ここでは、次の結果を得た。

定理1 任意の2以上の整数nに対して、双曲的3-多様体の全測地的境界となり得る種数nの双曲的閉曲面が構成できる。

定理2 種数2の双曲的閉曲面を全測地的境界としてもつ双曲的3-多様体の等長類は無限個存在する。

定理3. 2個のtruncated tetrahedraによる分解をもつ双曲的3-多様体の等長類は丁度8種類存在する。

(R3.1)



# トポロジー・シンポジウムのお知らせ

１９８９年度トポロジー・シンポジウムを下記の様に行います。

日時：１９８９年７月１９日（水）～７月２２日（土）
場所：福島大学教育学部
交通：福島駅からＪＲ東北本線上り金谷川駅（約１０分）
　　　金谷川駅から会場まで徒歩約１０分
　　　大学は駅の東ですぐそばです。

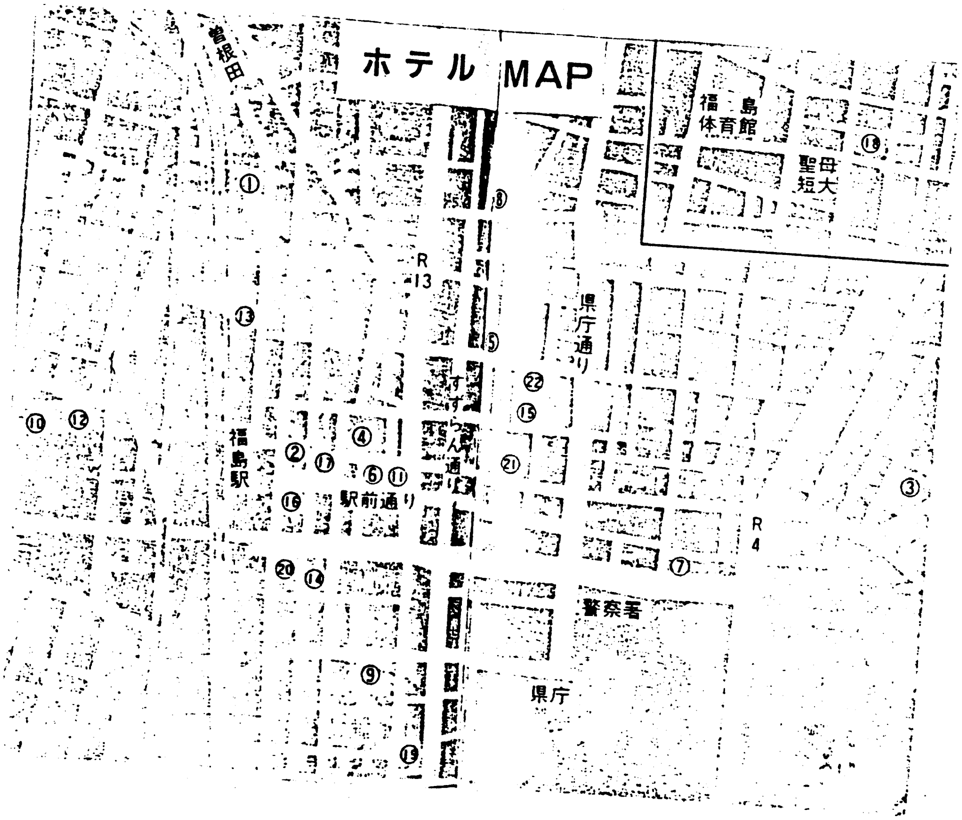
資料　１．福島駅近辺の旅館
　　　２．福島市部分は１と重複が多い
　　　　　飯坂温泉は飯坂線で福島駅より約３０分
　　　　　土湯温泉はバスが遅れがち
　　　　　穴原温泉以下はバスの本数が少なかったりで不便
　　　３．福島駅近辺地図、福島駅近辺の旅館（補）値段表無し
　　　４．飯坂の地図
　　　５．大学の地図

トポロジー分科会評議員

# 資料1

①えびすグランドホテル（曽根田町10－6）　33－4166
　㋛¥5,000、¥5,500　㋡¥8,800、¥10,000
②グリーンホテル福島館（栄町6－4南条ビル）　21－3796
　㋛¥4,800　㋡8,200
③志乃太旅館（上浜町8－17）　22－5537
　(素)¥4,000　(朝)¥5,000
④シルクホテル（栄町12－2）　21－5211
　㋛¥4,800、¥5,000　㋡¥8,000、¥9,000
⑤セントラルホテル（万世町5－3）　23－1351
　㋛¥4,000　㋡¥7,000
⑥富士ホテル（栄町11－10）　23－1391
　㋛¥4,500　㋡¥7,500～9,000
⑦ホテルふくしま（舟場町6－1）　21－321
　㋛¥4,700、¥5,300　㋡¥8,000
⑧オリエントホテル（万世町4－27）　35－329
　㋛¥4,500　㋡¥7,400
⑨ホテルサンルート福島（中町2－6）　21－181
　㋛¥5,280、¥5,500、¥5,990　㋡¥8,800、¥9,900
⑩福島グリーンパレス（太田町13－53）　33－117
　㋛¥5,060　㋡¥9,900
⑪福島東急イン（栄町11－25ニュー福ビル）　23－010
　㋛¥6,000　㋡¥10,000
⑫福島ビューホテル（太田町189－1）　31－1111
　㋛¥6,710、¥7,550、¥8,150
　㋡¥11,000、¥13,900、¥18,700
⑬福島ワシントンホテル（栄町2－36）　21－1711
　㋛¥5,500　㋡¥9,680
⑭ホテル板倉（早稲町5－17）　23－1221
　㋛¥4,500～　㋡¥8,000～
⑮ホテル金源（新町2－29）　22－5101
　㋛¥5,300、¥5,500　㋡¥8,500、¥10,000
⑯ホテル辰巳屋（栄町5－1）　22－5111
　㋛¥6,950　㋡¥9,900、¥12,700、¥13,900
⑰ホテル大亀（栄町7－3）　22－8989
　㋛¥5,500　㋡11,000
⑱あぶくま会館（山下町5－28）　34－5909
　㋛¥5,280　㋡¥4,620（1人分）朝食付
⑲なかまちゾシエ福島全逓会館（中町4－20）　21－3131
　一部屋　1人¥4,400、2人以上（1人あたり）¥4,200
⑳ホテルグレースコート　（早稲町2－8）　22－3880
　㋛¥6,350　㋡13,800
㉑竹屋旅館（大町2－28）　22－6171
　(素)¥4,000～4,500　(朝)¥5,000～5,500
㉒ふみや旅館（新町2－29）　23－3577
　一泊　¥8,000～（2食付）

㋛＝シングル　㋡＝ツイン　(素)＝素泊り　(朝)＝朝食付



資料2-a

種類欄の説明　都＝都市ホテル　ビ＝ビジネスホテル　観＝観光地ホテル　旅＝和風旅館　料＝料理旅館
公＝公共宿泊施設　民＝民宿　山＝ロッジ　他＝その他の宿泊所（掲載順）
加盟欄の案内　国＝国際観光連盟　政＝政府登録　日＝日本観光連盟
カード欄の説明　J=JCB V=VISA U=UC D=DC M=MC　マークの説明　■=温泉地　◨=スキー場　◘=受験生の宿
料金欄の説明　単位百円　RC=ルームチャージ（室料のみ）　TRC=ツインのルームチャージ

交通欄について：　私は私鉄を示す

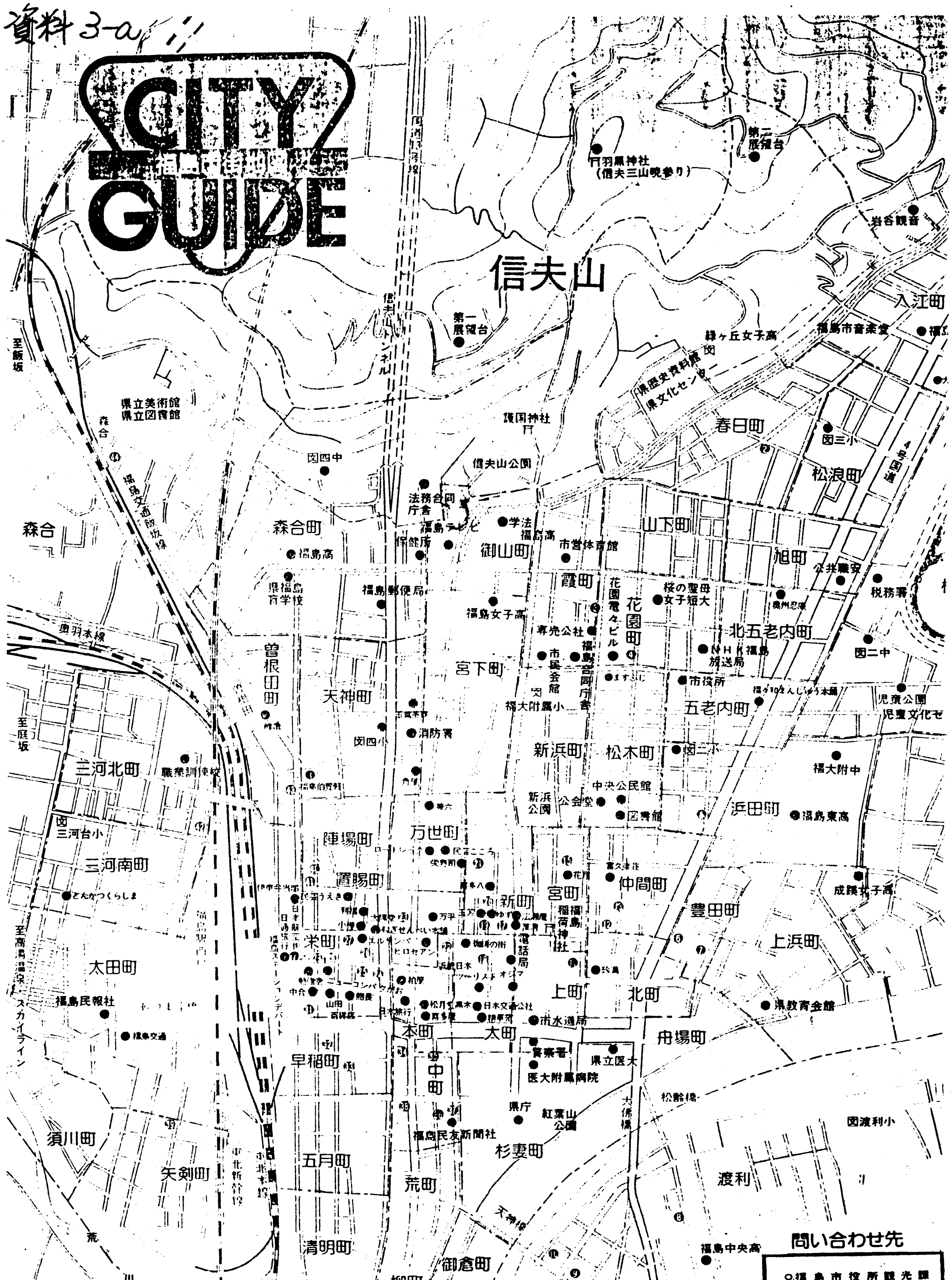
| 地名 | | 種 | 加盟 | カード | 名称 | 電話 | 室数 | 収容 | 料金 | 特徴 | 駐車 | 交通 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 福島市 | ◘ | 都 | 政日 | JVUM | ホテル辰巳屋 | 0245−22−5111 | 65 | 110 | RC 70〜 | 駅前デパート階上　商用・観光 | 120 | JR福島駅　歩2分 |
| | ◘ | 都 | 政 | | 福島ビューホテル | 0245−31−1111 | 125 | 180 | RC 55〜 | 本格的シティH　駅西口が便利 | 50 | JR福島駅　歩1分 |
| | | 都 | 日 | | 富士ホテル | 0245−23−1391 | 17 | 30 | RC 50〜 | 駅近く交通至便　観光・商用に | 有 | JR福島駅　歩3分 |
| | | 都 | | J | ホテル金鹿 | 0245−22−5101 | 19 | 40 | RC 55〜 | 県庁へ歩5分　全室B/T・TV付 | 30 | JR福島駅　歩10分 |
| | ◘ | 都 | | J UDM | Hサンルート福島 | 0245−21−1811 | 80 | 135 | RC 52〜 | 駅・官庁街至近　全室冷蔵庫付 | 30 | JR福島駅　歩6分 |
| | ◘ | 都 | | JVUDM | 福島東急イン | 0245−23−0109 | 118 | 180 | RC 61〜 | 駅前で便利　セミWベット使用 | 26 | JR福島駅　歩5分 |
| | | 都 | | | Hグレースコート | 0245−22−3880 | 28 | 45 | RC 64〜 | 駅東口が便利　観光・商用に | 有 | JR福島駅　歩3分 |
| | | 都 | | U | セントラルホテル | 0245−23−1351 | 40 | 48 | RC 〜50 | 市中心に位置　ビジネスに便利 | 有 | JR福島駅　歩7分 |
| | | 都 | | J U | オリエントホテル | 0245−35−3294 | 30 | 46 | RC 〜50 | 全室B/T・TV・冷蔵庫付き | | JR福島駅　歩7分 |
| | | 都 | | | 福島グリーンパレス | 0245−33−1171 | 64 | 90 | RC 51〜 | 駅西口が便利　交通至便 | 有 | JR福島駅　歩2分 |
| | ◘ | ビ | 日 | JV | えびすグランドH | 0245−33−4166 | 105 | 150 | RC 50〜 | 駅近く　国際ホテル級の設備 | 100 | JR福島駅　歩3分 |
| | | ビ | 日 | | ザ・ホテル大亀 | 0245−22−8989 | 50 | 76 | RC 55〜 | 私書箱・FAX・ワープロ等完備 | 100 | JR福島駅　歩3分 |
| | | ビ | | J U | ホテルふくしま | 0245−21−3211 | 115 | 150 | RC 47〜 | 官庁街至近　会席料理を賞味 | 80 | JR福島駅　歩10分 |
| | | ビ | | JVU | グリーンH福島館 | 0245−21−3796 | 22 | 27 | RC 〜50 | 駅前で交通至便　中華料理好評 | 有 | JR福島駅　駅前 |
| | ◘ | ビ | | JVUDM | 福島ワシントンH | 0245−21−1711 | 162 | 187 | RC 55〜 | ビジネス街至近　全室冷蔵庫付 | 60 | JR福島駅　歩1分 |
| | ◘ | 観 | 国　日 | V DM | ホテルきんきかん | 0245−22−7125 | 29 | 100 | 60〜 | 市中心で交通至便　閑静な環境 | 15 | JR福島駅　歩6分 |
| | | 観 | 日 | VU M | ホテル板倉 | 0245−23−1221 | 28 | 70 | 60〜 | 駅・官公庁が至近　交通至便 | 有 | JR福駅歩　歩5分 |
| | ◘ | 旅 | 国政日 | | 旅館ふみ屋 | 0245−23−3577 | 12 | 50 | 80〜 | 官庁至近　年齢層に合せた料理 | 14 | JR福島駅　歩8分 |
| | ◘ | 旅 | 日 | J | 竹屋旅館 | 0245−22−6171 | 20 | 80 | 80〜 | 土蔵造り　和風庭園・会議室有 | 10 | JR福島駅　歩7分 |
| | ◘ | 旅 | 日 | J | 旅館藤金 | 0245−22−2265 | 16 | 60 | 65〜 | 駅近く　超音波風呂　閑静な宿 | 17 | JR福島駅　歩5分 |
| | ◘ | 旅 | 日 | J | 旅館たつき | 0245−34−5588 | 14 | 50 | 100〜 | 四季の味覚を満喫　宴会場有 | 8 | JR福島駅　車5分 |
| | | 旅 | 日 | | 佐藤屋旅館 | 0245−22−2602 | 16 | 57 | 55〜 | 稲荷神社前　交通至便で商用向 | 08 | JR福島駅　歩10分 |
| 飯坂温泉 | ■ | 観 | 国政日 | JVU M | 飯坂観光ホテル | 0245−42−3341 | 49 | 300 | 100〜 | 大漁舟盛り・大椀盛が好評美味 | 50 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 国政日 | JVUDM | ホテルたかのは | 0245−42−3241 | 38 | 165 | 80〜 | 渓流沿い　海・山の会席料理 | 30 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 観 | 国政日 | JV M | ホテル天竜閣 | 0245−42−2354 | 47 | 250 | 120〜 | 鯉料理・天竜鍋自慢　風光明媚 | 70 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 国政日 | U | ホテル大鳥 | 0245−42−4184 | 54 | 220 | 80〜 | サウナ付大浴場　終日入浴可 | 80 | 私 飯坂温泉 車3 |
| | | 観 | 国　日 | VUDM | ホテル洗心閣 | 0245−42−3354 | 21 | 120 | 70〜 | 大理石の大浴場　スキーに便利 | 30 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 国　日 | JVU M | Hニューたちばな | 0245−42−2164 | 18 | 100 | 85〜 | 終日入浴可　ゲートボール可 | 25 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 国　日 | VU M | ホテル翠月 | 0245−42−2271 | 24 | 125 | 70〜 | 義経膳・弁慶鍋　大理石風呂 | 45 | 私 飯坂温泉 歩8 |
| | | 観 | 政日 | V M | ホテル渓谷 | 0245−42−4137 | 20 | 90 | 60〜 | 全室川に面す　胃腸病に効能有 | 20 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 観 | 政日 | U M | 飯坂グランドホテル | 0245−42−3326 | 34 | 170 | 100〜 | 舞台付大広間　川魚・山菜料理 | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 政日 | | ホテル聚楽 | 0245−42−2201 | 26 | 1300 | 150〜 | 世界ショー上演　かみなり風呂 | 100 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 観 | 政日 | JV D | ホテル吾妻 | 0245−42−3236 | 33 | 150 | 120〜 | 料理自慢　ボーリング場あり | 100 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 政日 | JV DM | ホテル水洸閣 | 0245−42−3201 | 61 | 340 | 110〜 | 泡風呂付大理石風呂　源平瓦焼 | 100 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 観 | 政日 | | ホテル山形屋本館 | 0245−42−2364 | 32 | 150 | 80〜 | 全室清流に面す　大理石風呂 | 40 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 日 | J UDM | ホテル小松 | 0245−42−2161 | 20 | 100 | 60〜 | 駅正面　活鯉料理　終日入浴可 | 15 | 私 飯坂温泉 歩1 |
| | | 観 | 日 | V | 橋本館別館飯坂H | 0245−42−2167 | 25 | 113 | 80〜 | 野天岩風呂　名物米沢牛料理 | 80 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 日 | JVU | ホテル芙蓉荘 | 0245−42−4174 | 24 | 60 | 80〜 | 展望風呂　山菜・鯉料理好評 | 30 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 日 | VU | ホテル富貴 | 0245−42−1155 | 22 | 80 | 80〜 | アルカリ性温泉有　展望風呂 | 20 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 日 | | ホテル桃山 | 0245−42−2147 | 12 | 60 | 70〜 | 舞台付大広間　婦人風呂あり | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 観 | 日 | | ホテルわたや | 0245−42−3364 | 25 | 110 | 130〜 | 家庭的な宿　川沿いで閑静 | 30 | 私 飯坂温泉 歩1 |
| | | 旅 | 国政日 | J U M | 若喜別館 | 0245−42−2311 | 76 | 350 | 150〜 | 高台で吾妻連峰を一望　茶室有 | 100 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | 国政日 | JV | 旅館新飯坂 | 0245−42−4234 | 60 | 270 | 90〜 | 純和風　滝のある日本庭園 | 60 | 私 飯坂温泉 歩12 |
| | | 旅 | 国政日 | J U | 花水館 | 0245−42−2211 | 61 | 300 | 130〜 | 豪華な内装　広い客室と浴場 | 60 | 私 飯坂温泉 歩8 |
| | | 旅 | 国政日 | JVU M | 池田屋 | 0245−42−3321 | 35 | 170 | 90〜 | 団体向けショー有　鯉活造り | 30 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 国政日 | J UDM | ますや旅館 | 0245−42−2331 | 34 | 220 | 130〜 | 全室清流に面す　200年の伝統 | 50 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 旅 | 国政日 | J UD | 赤川屋 | 0245−42−2221 | 33 | 150 | 120〜 | 数寄屋造り　岩風呂　湯量豊富 | 40 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | ◘ | 旅 | 国政日 | U | 旅館金滝 | 0245−42−5111 | 25 | 100 | 95〜 | 会議・宴会場有　終日入浴可 | 10 | 私 飯坂温泉 歩12 |
| | ◘ | 旅 | 国政日 | VUDM | 旅館一楽荘 | 0245−42−4111 | 26 | 120 | 90〜 | 全室数寄屋造り　大理石風呂 | 100 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 国政日 | | 小滝館 | 0245−42−4126 | 31 | 150 | 90〜 | 清流を臨む　ゴルフ場手配可 | 30 | 私 飯坂温泉 歩12 |
| | ◘ | 旅 | 国政日 | JVUDM | 伊勢屋 | 0245−42−3131 | 32 | 150 | 100〜 | 城をかたどった建物　鮎料理 | 60 | 私 飯坂温泉 歩12 |
| | | 旅 | 国政日 | JV DM | 若竹荘 | 0245−42−3261 | 31 | 190 | 100〜 | 温泉街中心　展望風呂の夜景 | 40 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 国政日 | VUDM | 松島屋旅館 | 0245−42−3155 | 28 | 150 | 100〜 | 吾妻連峰を眺望　山菜料理賞味 | 50 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | 国　日 | JV | 旅館千歳 | 0245−42−2371 | 18 | 80 | 120〜 | 露天風呂　深山上質なる料理自慢 | 20 | 私 飯坂温泉 歩6 |
| | | 旅 | 国　日 | JV M | 橋本館 | 0245−42−4151 | 20 | 100 | 90〜 | 十綱橋に隣接　各種鯉料理賞味 | 50 | 私 飯坂温泉 歩1 |
| | | 旅 | 国　日 | JVUDM | 稲荷屋旅館 | 0245−42−3211 | 12 | 65 | 150〜 | 数寄屋造り　全室庭園に面す | 15 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | 国　日 | VU M | 葵館 | 0245−42−4116 | 18 | 85 | 100〜 | 舞台付宴会場　川魚・山菜料理 | 有 | 私 飯坂温泉 歩7 |
| | | 旅 | 国　日 | JV M | 春日屋 | 0245−42−3281 | 20 | 100 | 80〜 | 山菜・鯉料理　終日入浴可 | 20 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 旅 | 国　日 | V | 旅館新亀 | 0245−42−3264 | 14 | 60 | 110〜 | ハヤの三色田楽が好評美味 | 50 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 政 | JV DM | 若喜旅館本店 | 0245−42−3111 | 51 | 280 | 100〜 | 大理石風呂　陶板焼・冷鉢料理 | 30 | 私 飯坂温泉 歩1 |
| | | 旅 | 日 | VU | 福住旅館 | 0245−42−4211 | 27 | 150 | 130〜 | 全室川に面す　陶板焼を賞味 | 20 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 日 | JVUD | 巌の湯 | 0245−42−2344 | 15 | 70 | 70〜 | 大理石風呂が自慢　部屋食可 | 40 | 私 飯坂温泉 歩7 |
| | | 旅 | 日 | J U | つたや旅館 | 0245−42−3164 | 19 | 90 | 100〜 | 季節の味覚狩り　終日入浴可 | 15 | 私 飯坂温泉 歩1 |
| | | 旅 | 日 | JVU M | 昭泉閣 | 0245−42−2244 | 38 | 110 | 100〜 | 数寄屋造りの部屋　送迎有 | 30 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 日 | J | やなぎや旅館 | 0245−42−2231 | 17 | 70 | 80〜 | 港直行の魚介料理　気泡風呂 | 60 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | V M | 平野屋旅館 | 0245−42−3227 | 15 | 65 | 60〜 | 鮎料理・陶板焼が自慢で美味 | 5 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | 日 | | 藤本 | 0245−42−4181 | 13 | 50 | 130〜 | 和風宿　山菜・鮎料理が好評 | 10 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | JV D | 喜久屋旅館 | 0245−42−3121 | 18 | 90 | 60〜 | 山菜・きのこ料理　展望風呂有 | 10 | 私 飯坂温泉 歩7 |
| | | 旅 | 日 | | 信夫屋旅館 | 0245−42−4134 | 21 | 120 | 100〜 | 舞台付大広間　川魚・山菜料理 | 有 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 日 | | 新松葉旅館 | 0245−42−2134 | 17 | 68 | 80〜 | 温泉街の中心地　終日入浴可 | 10 | 私 飯坂温泉 バ20 |
| | | 旅 | 日 | VU M | 前野屋旅館 | 0245−42−2347 | 13 | 60 | 100〜 | 鯉の甘煮が好評　山菜料理 | 10 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | 日 | VU M | 吉野館 | 0245−42−4154 | 19 | 120 | 80〜 | 大浴場・婦人風呂有　川魚料理 | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | J | おかだ旅館 | 0245−42−2438 | 10 | 50 | 70〜 | 閑静な和風宿　スキー・ゴルフ | 10 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | M | 太盛館 | 0245−42−4101 | 14 | 60 | 60〜 | 各種鯉料理が好評　大中浴場 | 有 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 旅 | 日 | | 昭月旅館 | 0245−42−2301 | 14 | 70 | 65〜 | 舞台付大浴場　送迎有　大浴場 | 有 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 旅 | 日 | | 二井屋旅館 | 0245−42−2076 | 10 | 45 | 60〜 | 磐梯吾妻スカイラインの探勝 | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | J | 旅館なりた | 0245−42−6171 | 20 | 82 | 80〜 | 舞台付大広間・大浴場あり | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | J | 青葉旅館 | 0245−42−3346 | 12 | 35 | 120〜 | 石畳の和風宿　客室ごとに特長 | 14 | 私 飯坂温泉 歩7 |

資料 2-6

交通欄について： 私は私鉄を示す

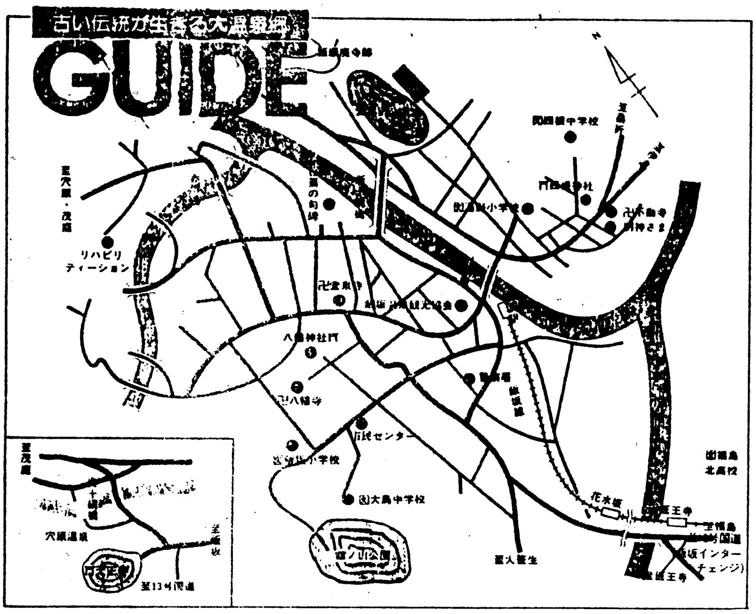
| 地名 | | 種 | 加盟 | カード | 名称 | 電話 | 室数 | 収容 | 料金 | 特徴 | 駐車 | 交通 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 飯坂温泉 | | 旅 | 日 | | 松良 | 0245-42-4144 | 17 | 68 | 70～ | 大浴場・宴会場有 終日入浴可 | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | 日 | V | 双葉旅館 | 0245-42-8111 | 15 | 60 | 80～ | 高台で風光明媚 野鳥観察可 | 15 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | 日 | | 一柳閣 | 0245-42-4266 | 12 | 50 | 80～ | 鍋料理 湯量豊富 送迎あり | 30 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 旅 | 日 | | 入舟旅館 | 0245-42-3284 | 13 | 56 | 60～ | 愛宕山公園近くで散策に便利 | 有 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 旅 | | | 山楽旅館 | 0245-42-4141 | 12 | 100 | 80～ | 赤川橋の畔で閑静 風光明媚 | 有 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 旅 | | | 旅館清山 | 0245-42-2445 | 30 | 180 | 100～ | 温水プール有 舞台付大広間 | 有 | 私 飯坂温泉 歩5 |
| | | 旅 | | | あづま荘 | 0245-42-3381 | 30 | 130 | 80～ | 閑静な宿 山菜・川魚料理賞味 | 有 | 私 飯坂温泉 歩15 |
| | | 旅 | | | 旅館栄楽 | 0245-42-2661 | 8 | 20 | 60～ | 駅近く便利 出張・長期滞在可 | 有 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| | | 旅 | | | かじか荘 | 0245-42-2733 | 10 | 30 | 50～ | 季節料理を賞味 中小浴室あり | 有 | 私 飯坂温泉 歩10 |
| | | 旅 | | | 旅館君太郎 | 0245-42-8000 | 20 | 45 | 180～ | 総桧風呂自慢 終日入浴可 | 3 | 私 飯坂温泉 車5 |
| | | 旅 | | | 湯野屋 | 0245-42-3246 | 31 | 120 | 70～ | 舞台付大広間 川魚・山菜料理 | 有 | 私 飯坂温泉 歩2 |
| | | 旅 | | J | 鯖湖旅館 | 0245-42-2075 | 8 | 35 | 60～ | ビジネス 長期滞在・保養向き | 有 | 私 飯坂温泉 歩3 |
| 土湯温泉 | | 観 | 国政日 | | 土湯温泉ホテル | 0245-95-2111 | 41 | 250 | 100～ | 渓流沿い 地竹丸ゆでが好評 | 60 | JR福島駅バス45分 |
| | | 観 | 国政日 | | ホテル山水荘 | 0245-95-2141 | 51 | 280 | 100～ | 鯉の舟盛り料理 温水プール有 | 100 | JR福島駅バス45分 |
| | | 観 | 国 日 | J D | 土湯観光Hつたや | 0245-95-2021 | 29 | 155 | 150～ | 渓流沿いで眺望抜群 展望風呂 | 50 | JR福島駅バス45分 |
| | | 観 | 日 | | ホテル一の滝 | 0245-95-2039 | 22 | 60 | 120～ | 天上展望風呂 京風会席料理 | 50 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 国政日 | JV M | 観山荘 | 0245-95-2026 | 85 | 450 | 80～ | 露天風呂・気泡風呂 バス停前 | 100 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 国 日 | J D | 山根屋旅館 | 0245-95-2116 | 34 | 230 | 100～ | 岩風呂・気泡風呂 川魚料理 | 70 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 国 日 | DM | 旅館松雲閣 | 0245-95-2129 | 22 | 110 | 130～ | 純和風建築 総桧風呂が自慢 | 40 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 国 日 | JVU | 向瀧旅館 | 0245-95-2121 | 85 | 430 | 120～ | サウナ・露天風呂有 山菜料理 | 120 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 政日 | | 天景園 | 0245-95-2041 | 41 | 135 | 150～ | 庭園風野天風呂 山菜陶板焼 | 60 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 日 | | 岩城屋旅館 | 0245-95-2126 | 32 | 130 | 80～ | 川魚・山菜料理 終日入浴可 | 35 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 日 | U | 木村屋旅館 | 0245-95-2144 | 17 | 70 | 80～ | 自噴岩風呂が好評 地竹料理 | 50 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 日 | J | 富士屋旅館 | 0245-95-2011 | 46 | 200 | 80～ | 自噴の総桧風呂 山菜陶板焼 | 80 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 日 | | 一望館 | 0245-95-2114 | 10 | 50 | 80～ | 展望風呂 山菜料理を賞味 | 40 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | 日 | | 辰巳屋山荘里の湯 | 0245-95-2146 | 10 | 50 | 220～ | 純和風宿 割烹料理 桧風呂 | 30 | JR福島駅 車30分 |
| | | 旅 | | J | います屋旅館 | 0245-95-2031 | 25 | 70 | 50～ | 女沼・男沼の近く 間欠泉見物 | 有 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | | | はるみや | 0245-95-2134 | 24 | 60 | 60～ | 展望エレベーター 大浴場有 | 有 | JR福島駅バス45分 |
| 穴原温泉 | | 観 | 日 | V | 穴原ホテル | 0245-42-2261 | 45 | 230 | 100～ | 大理石・露天風呂等6つの浴場 | 100 | 私 飯坂温泉 バ15 |
| | | 旅 | 国政日 | VU | 吉川屋 | 0245-42-2226 | 55 | 340 | 100～ | 数千坪の和風庭園 露天風呂有 | 100 | 私 飯坂温泉 バ15 |
| | | 旅 | 国 日 | VU | いづみや | 0245-42-5167 | 20 | 90 | 80～ | 眺望良の渓流沿い 温水プール | 50 | 私 飯坂温泉 バ15 |
| | | 旅 | | | 富士屋旅館 | 0245-42-3191 | 16 | 80 | 60～ | 全室渓流に面す 山菜料理美味 | 25 | 私 飯坂温泉 バ15 |
| 高湯温泉 | | 観 | 政日 | V M | 花月ハイランドH | 0245-91-1115 | 45 | 160 | 80～ | 北欧風建築 スキー・テニスに | 100 | JR福島駅バス30分 |
| | | 旅 | 日 | | 玉子湯旅館 | 0245-91-1171 | 45 | 160 | 80～ | 自然庭園 茅葺きの湯小屋好評 | 40 | JR福島駅バス30分 |
| | | 旅 | 日 | | 吾妻屋 | 0245-91-1121 | 11 | 50 | 80～ | 鯉料理自慢 スキー・ゴルフに | 20 | JR福島駅バス30分 |
| | | 旅 | 日 | | 旅館ひげの家 | 0245-91-1027 | 15 | 56 | 70～ | 木造り風呂 川魚・山菜料理 | 20 | JR福島駅バス30分 |
| | | 旅 | 日 | | 安達屋 | 0245-91-1155 | 23 | 90 | 70～ | 露天風呂有 スキー場が目の前 | 30 | JR福島駅バス30分 |
| 幕川温泉 | | 旅 | 日 | | 水戸屋旅館 | 0242-64-3316 | 40 | 140 | 80～ | 川魚料理自慢 渓流釣り可 | 80 | JR福島駅 車60分 |
| | | 旅 | 日 | | 吉倉屋旅館 | 0242-64-3617 | 28 | 75 | 70～ | 桧風呂・大露天風呂が人気 | 50 | JR福島駅 車60分 |
| 川上温泉 | | 旅 | 日 | | 川上温泉 | 0245-95-2136 | 20 | 50 | 80～ | 清流沿い 薬草料理 泥浴風呂 | 50 | JR福島駅バス45分 |
| | | 旅 | | | 旅館小滝 | 0245-95-2029 | 12 | 56 | 100～ | 山菜料理 山菜鍋 渓流釣り | 有 | JR福島駅バス40分 |
| 天王寺温泉 | | 旅 | 国 日 | VU | おきな旅館 | 0245-42-3068 | 20 | 100 | 70～ | 渓谷美の閑静な一軒宿 宴会場 | 3 | JR福島駅バス35分 |
| 野地温泉 | | 観 | 日 | V | 野地温泉ホテル | 0242-64-3031 | 50 | 175 | 70～ | 山合いの一軒宿 露天風呂あり | 100 | JR福島駅バス65分 |
| 新野地温泉 | | 旅 | 日 | | 相模屋旅館 | 0242-64-3624 | 38 | 65 | 70～ | 露天・桧風呂 スキー場至近 | 40 | JR福島駅バス65分 |
| 鷲倉温泉 | | 旅 | | | 鷲倉温泉高原旅館 | 0242-64-3224 | 31 | 120 | 50～ | 胃腸・神経痛に効果 登山便利 | 有 | JR福島駅バス60分 |
| 不動湯温泉 | | 旅 | | | 不動湯温泉 | 0245-95-2002 | 14 | 50 | 60～ | 露天風呂有 3種類の泉質有 | 有 | JR福島駅バス40分 |
| 信夫温泉 | | 旅 | | | 信夫温泉 | 0245-91-1212 | 28 | 80 | 60～ | 渓谷美絶佳 神経痛の名湯 | 有 | JR福島駅バス30分 |
| 微温湯温泉 | | 旅 | | | 旅館二階堂 | 0245-91-3173 | 42 | 130 | 50～ | 療養向きで自炊可 山菜料理 | 有 | JR福島駅バス20分 |
| 赤湯温泉 | | 旅 | | | 赤湯温泉好山荘 | 0242-64-3217 | 25 | 126 | 55～ | 露天風呂 山菜料理 冬期休業 | 有 | JR福島駅バス65分 |

資料3-a

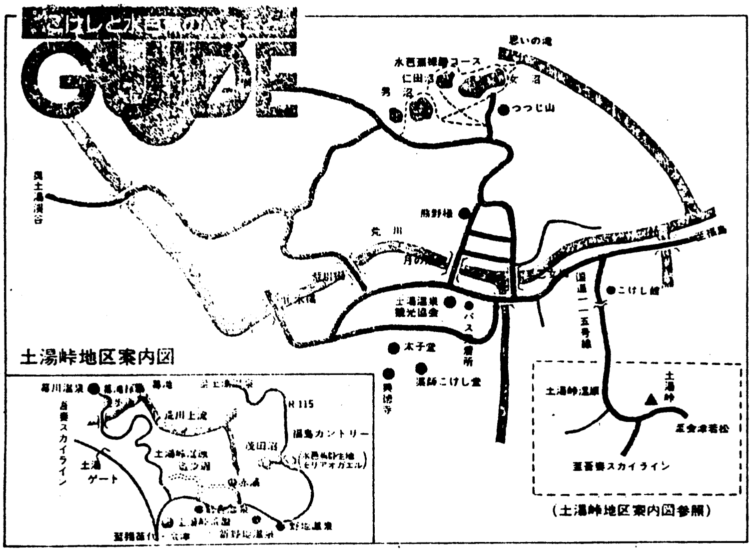

CITY GUIDE
信夫山
羽黒神社
(信夫三山暁参り)
第二展望台
第一展望台
岩谷観音
入江町
福島市音楽堂
緑ヶ丘女子高
県歴史資料館
県文化センター
春日町
松浪町
4号国道
県立美術館
県立図書館
護国神社
信夫山公園
信夫山トンネル
国道13号線
至飯坂
森合
福島交通飯坂線
森合
森合町
法務合同庁舎
福島テレビ
保健所
学法福島高
御山町
市営体育館
山下町
旭町
公共職安
税務署
福島高
県福島盲学校
福島郵便局
福島女子高
霞町
花園電々ビル
花園町
桜の聖母女子短大
奥羽本線
専売公社
北五老内町
NHK福島放送局
図二中
曽根田町
宮下町
市民会館
福島合同庁舎
市役所
五老内町
児童公園
児童文化センター
天神町
福大附属小
消防署
新浜町
松木町
福大附中
至庭坂
三河北町
職業訓練校
中央公民館
新浜公園
公会堂
図書館
浜田町
福島東高
三河台小
陣場町
万世町
三河南町
置賜町
宮町
仲間町
豊田町
成蹊女子高
とんかつくらしま
新町
稲荷神社
上浜町
栄町
電話局
太田町
至高湯温泉・スカイライン
福島民報社
福島交通
上町
北町
県教育会館
本町
大町
市水道局
舟場町
早稲田町
警察署
県立医大
医大附属病院
中町
松齢橋
県庁
紅葉山公園
大仏橋
渡利小
須川町
福島民友新聞社
杉妻町
五月町
矢剣町
東北新幹線
東北本線
荒町
渡利
天神橋
荒川
清明町
御倉町
福島中央高
清明小
柳町
問い合わせ先
○福島市役所観光課

資料3-6

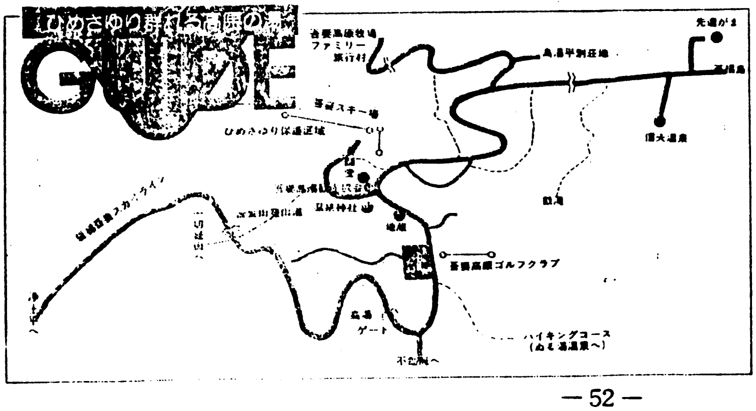
〈飯坂温泉〉




〈土湯温泉〉




〈高湯温泉〉




摺上川の両岸に、水に臨んで2kmにもおよぶ近代的な高層ホテル・旅館を連ねています。清流は窓々の灯をはじき、十綱橋あたりに美しい夜景を浮べます。伝統に磨かれた心くばりが嬉しい充実の旅の基地として、東北随一。

○飯坂温泉観光協会
福島市飯坂町十綱町3
☎(0245)42－4241　〒960-02

群生する水芭蕉が花をひらく春。滝の涼しい夏。紅葉の秋。白銀にシュプールを描く冬。[illegible]わだつ四季に応じた多彩なもてなしが土湯の自慢[illegible]めは微笑みこけしがお出迎え。荒川の渓流に沿う閑静な湯の里、土湯です。

○土湯温泉観光協会
福島市土湯温泉町字上ノ町11
☎(0245)95－2217　〒960-21

ホテル・旅館[illegible]

○吾妻高湯観光協会
福島市町庭坂字高湯21
☎(0245)91－1125　〒960-22

○福島市旅館業組合
福島市早稲町7番9号
☎(0245)22－9528　〒960

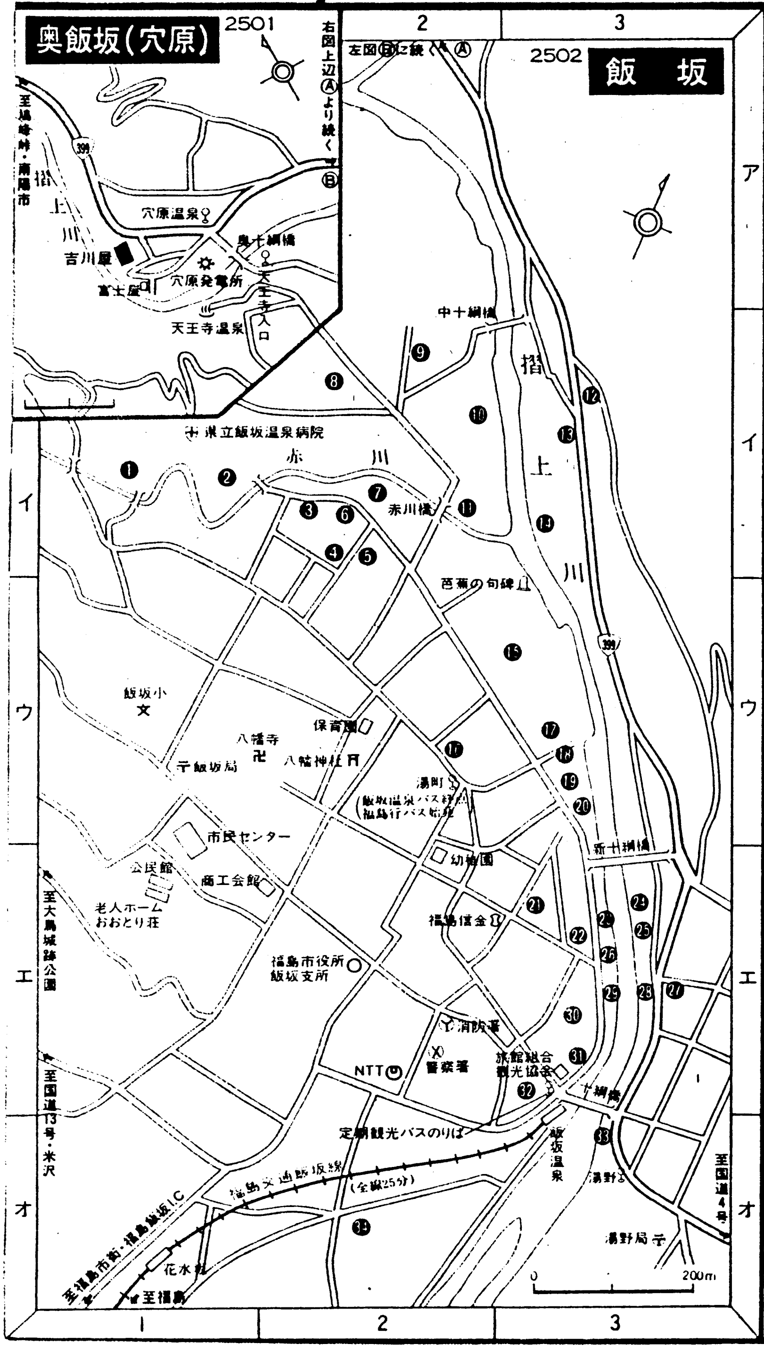
**福島市旅館業組合会員名**

| 番号 | 旅館名 | 所在地 | 電話(0245) |
|---|---|---|---|
| 1 | 旅館文知摺 | 北中川原 | 34－7409 |
| 2 | 旅館さくま | 春日町 | 35－2721 |
| 3 | かすみ荘 | 霞町 | 35－0510 |
| 4 | 旅館大松 | 花園町 | 34－4736 |
| 5 | たつき旅館 | 浜田町 | 34－5588 |
| 6 | 長谷川旅館 | 豊田町 | 22－1713 |
| 7 | 福島屋旅館 | 〃 | 22－3283 |
| 8 | 旅館三井荘 | 渡利舟場 | 22－1795 |
| 9 | 旅館梅林 | 渡利大久保 | 21－1564 |
| 10 | せきね旅館 | 渡利天神 | 22－5231 |
| 11 | あざみ旅館 | 上町 | 22－6458 |
| 12 | あま乃旅館 | 仲間町 | 22－2323 |
| 13 | 一[illegible]旅館 | 〃 | 22－2995 |
| 15 | 旅館初音 | 宮町 | 22－2474 |
| 17 | 佐[illegible]屋旅館 | 新町 | 22－2602 |
| 18 | 竹屋旅館 | 大町 | 22－6171 |
| 19 | ホテル金源 | 新町 | 22－5101 |
| 20 | 旅館ふみ屋 | 〃 | 23－3577 |
| 21 | きむら旅館 | 〃 | 22－2783 |
| 22 | 竹苑旅館 | 大町 | 22－4877 |
| 23 | 富みた旅館 | 置賜町 | 22－2716 |
| 24 | 東急インホテル | 栄町 | 23－0109 |
| 25 | フジホテル | 〃 | 23－1391 |
| 26 | 油屋旅館 | 〃 | 22－2860 |
| 27 | Fシルクホテル | 〃 | 21－5211 |
| 28 | ホテル大亀 | 〃 | 22－2195 |
| 29 | 新富旅館 | 〃 | 22－2912 |
| 30 | グリーンホテル福島館 | 〃 | 21－3796 |
| 31 | ホテル辰巳屋 | 〃 | 22－5111 |
| 32 | ホテル板倉 | 早稲町 | 23－1221 |
| 33 | 平松館 | 〃 | 22－4203 |
| 34 | 旅館[illegible]金 | 中町 | 22－2265 |
| 35 | ホテルきんきかん | 〃 | 22－7125 |
| 36 | 旅館たん乃 | 〃 | 22－4929 |
| 37 | 旅館東館 | 〃 | 22－2283 |
| 38 | サンルート福島 | 〃 | 21－1811 |
| 39 | やつるぎ旅館 | 矢剣町 | 34－4409 |
| 40 | 旅館あさひ | 陣場町 | 22－6771 |
| 41 | 旅館[illegible]元 | 〃 | 22－2530 |
| 42 | 旅館三河荘 | 三河北町 | 34－4319 |
| 43 | えびすグランドホテル | 曽根田町 | 33－4166 |
| 44 | 旅館やまと | 森合台 | 35－3719 |

資料 4

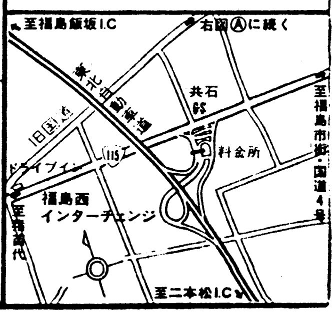
# 観光地案内図
No.229

# 飯坂・奥飯坂



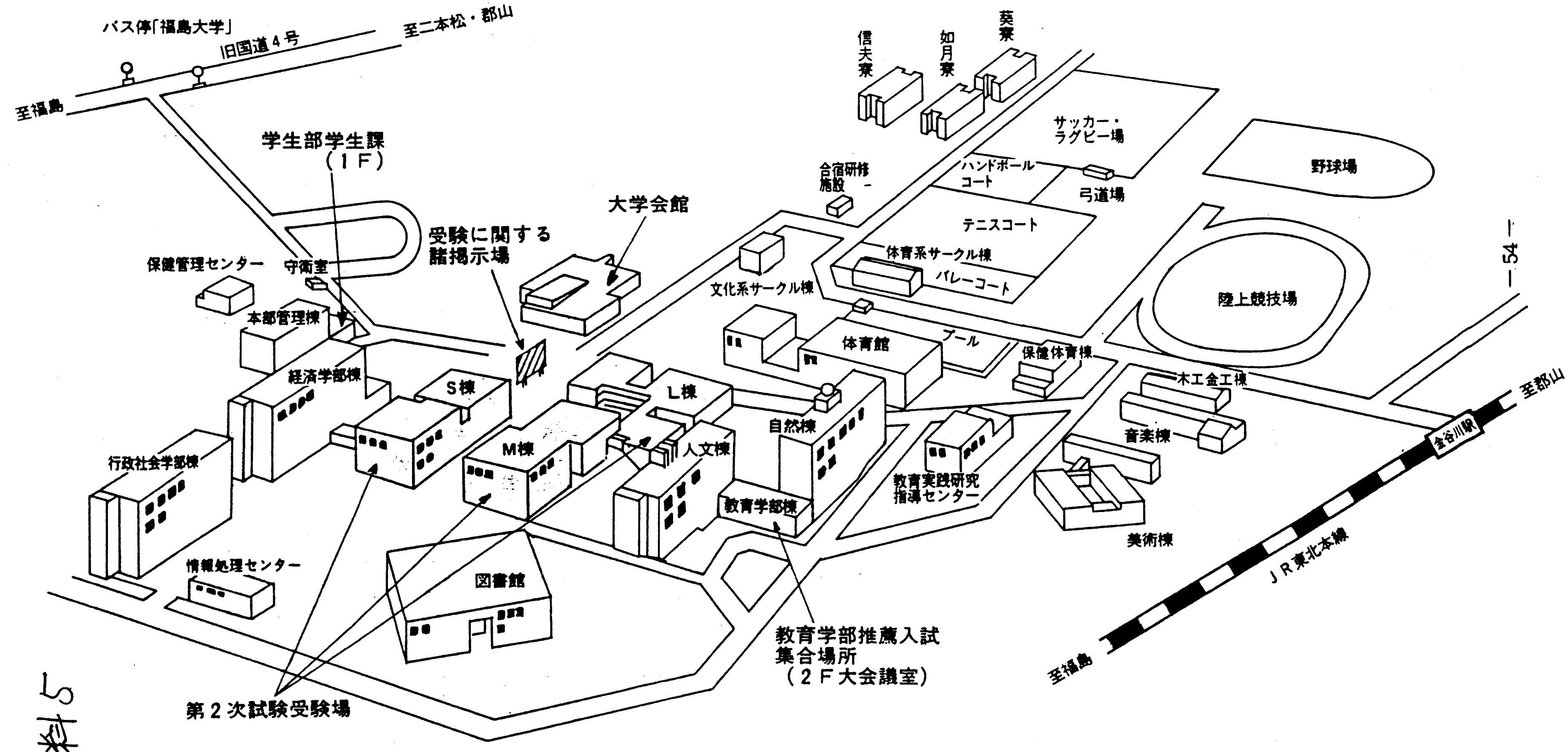

(飯　　坂)

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 旅館新飯坂 | 1−イ |
| 2 | 旅館金滝 | 1−イ |
| 3 | 伊勢屋 | 2−イ |
| 4 | 双葉旅館 | 2−イ |
| 5 | ホテル翠月 | 2−イ |
| 6 | 喜久屋旅館 | 2−イ |
| 7 | 赤川屋 | 2−イ |
| 8 | やなぎや旅館 | 2−イ |
| 9 | ホテル洗心園 | 2−イ |
| 10 | 小滝館 | 2−イ |
| 11 | 一楽荘 | 2−イ |
| 12 | ホテルニューたちばな | 3−イ |
| 13 | ホテル天竜閣 | 3−イ |
| 14 | 飯坂観光ホテル | 3−イ |
| 15 | ホテル聚楽 | 3−ウ |
| 16 | 蔵の湯 | 2−ウ |
| 17 | 花水館 | 3−ウ |
| 18 | 旅館千歳 | 3−ウ |
| 19 | ますや旅館 | 3−ウ |
| 20 | 春日屋 | 3−ウ |
| 21 | 若竹荘 | 3−エ |
| 22 | 昭泉閣 | 3−エ |
| 23 | 池田屋 | 3−エ |
| 24 | 新松葉 | 3−エ |
| 25 | ホテルたかのは | 3−エ |
| 26 | 福住旅館 | 3−エ |
| 27 | 稲荷屋旅館 | 3−エ |
| 28 | 旅館新亀 | 3−エ |
| 29 | 若宮旅館本店 | 3−エ |
| 30 | 若喜別館 | 3−エ |
| 31 | 平野屋旅館 | 3−エ |
| 32 | つたや旅館 | 3−エ |
| 33 | 橋本館 | 3−オ |
| 34 | ホテル水洗園 | 2−オ |
| 35 | | |
| 36 | | |
| 37 | | |



資料5

# 建物配置図



バス停「福島大学」
旧国道4号
至二本松・郡山
至福島
学生部学生課
（1F）
保健管理センター
守衛室
本部管理棟
受験に関する
諸掲示場
大学会館
経済学部棟
S棟
行政社会学部棟
M棟
L棟
人文棟
自然棟
情報処理センター
図書館
第2次試験受験場
教育学部棟
教育学部推薦入試
集合場所
（2F大会議室）
文化系サークル棟
合宿研修
施設
体育館
プール
体育系サークル棟
バレーコート
テニスコート
ハンドボール
コート
信夫寮
如月寮
葵寮
サッカー・
ラグビー場
弓道場
野球場
陸上競技場
保健体育棟
木工金工棟
音楽棟
教育実践研究
指導センター
美術棟
金谷川駅
至郡山
至福島
JR東北本線