有木進氏の業績

— Hecke 環と量子群の新しい結びつき —

庄　司　俊　明

1　はじめに

有木進氏は, Hecke 環のモジュラー表現論と量子群の表現論, 組み合わせ論が交錯する領域で大きな成果をあげている. 特に, 1 の巾根をパラメータに持つ A 型の Hecke 環のモジュラー表現に関する分解行列が, A 型アフィン量子群のフォック空間の標準基底の計算から得られる, という Lascoux-Leclerc-Thibon の予想 (LLT 予想) をはるかに一般化した状況で証明したことが, 古典型 Hecke 環のモジュラー表現論を量子群と結びつけ, その後の飛躍的な発展を導く画期的な仕事となった. 有木氏の主要な結果については, 有木氏ご自身による解説が本誌に載ることになっている. 詳細についてはそちらを見て頂くことにして, ここでは有木氏の研究の時代背景や, その研究の持つ意味について述べる. この小文は, 有木氏の論説へのウォーミングアップだと思って頂ければ幸いである.

有木氏の活躍する分野は、有限 Chevalley 群の非定義標数 (non-defining characteristic) の表現論がその源流であり, 1 の巾根をパラメータに持つ Hecke 環はそこに自然な形で現れる. 非定義標数 (あるいは非等標数) とは聞きなれない言葉なので, 有木氏の研究の背景を見るためにも, まずこの辺の事情から説明する. 有限 Chevalley 群とは, $GL_n(\mathbf{F}_q)$ や $Sp_{2n}(\mathbf{F}_q)$ のように, 複素簡約 Lie 群 $GL_n(\mathbf{C})$ や $Sp_{2n}(\mathbf{C})$ において複素数体 $\mathbf{C}$ を有限体 $\mathbf{F}_q$ で置き換えて得られる有限群であり, Lie 型の有限群と呼ばれる. 有限 Chevalley 群 (より一般に有限簡約群) は $\mathbf{F}_q$ 上定義された簡約代数群 G の $\mathbf{F}_q$ 有理点のなす群 $G(\mathbf{F}_q)$ である. 今, $\mathbf{F}_q$ の標数を p とする. $G(\mathbf{F}_q)$ の $\mathbf{C}$ 上の表現を考えるのが通常表現であり, 素数 ℓ に対して標数 ℓ の体上の表現を考えるのがモジュラー表現である. ところが, $G(\mathbf{F}_q)$ のモジュラー表現論は $\ell = p$ の場合と $\ell \neq p$ の場合でその様相が一変するのである. 前者を定義標数の場合, 後者を非定義標数の場合という.

2　定義標数の表現論 — Hecke 環と量子群の出会い

$\ell = p$ の場合, $G(\mathbf{F}_q)$ の既約表現は, 代数群 G の既約 (p-) モジュラー表現を有限群 $G(\mathbf{F}_q)$ に制限する形ですべて得られる. そこで, $G(\mathbf{F}_q)$ の既約表現の決定は実質的に G の既約表現の決定に帰着される. G の $\mathbf{F}_p$-既約表現は, 対応する $\mathbf{C}$ 上の代数群 $G_{\mathbf{C}}$ の既約表現と同様に, $G_{\mathbf{C}}$ の Lie 環 $\mathfrak{g}_{\mathbf{C}}$ の支配的整ウェイトによって分類される. しかし, $G_{\mathbf{C}}$ の既約表現の指標が Weyl の指標公式によって簡明に記述されるのに比べ, G の指標の決定ははるかに複雑な問題を提起するのである. 以下に述べるように, この問題解決への努力が 1980 年代後半より, 量子群と結びついた, 代数群の表現論の爆発的な発展をもたらした.

各支配的整ウェイトに対して, Weyl 加群と呼ばれる G 加群が定義される. Weyl 加群は既約 $G_{\mathbf{C}}$ 加群の p 還元に相当するもので, 必ずしも既約にはならないが指標は Weyl の指標公式により計算できる. Lusztig は 1980 年に 既約 G 加群を (Grothendieck 群の元とみて) 種々の Weyl 加群の線形結合として明示的に表す公式を予想として提出した (Lusztig 予想). 線形結合の係数はアフィン Weyl 群の Kazhdan-Lusztig 多項式によって記述されるのである. 80 年代後半からの量子群の表現論の勃興とともに, 1989 年 Lusztig は同様の予想をパラメータ v を 1 の巾根とする (制限型の) 量子群 $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$,

アフィン Lie 環 $\widehat{\mathfrak{g}}_{\mathbf{C}}$ についても定式化し, これらの三つの予想の同値性を証明することにより, G に関する Lusztig 予想を $\widehat{\mathfrak{g}}_{\mathbf{C}}$ の Lusztig 予想に帰着させるという壮大な戦略 (Lusztig プログラム) を提案した. Lusztig プログラムは, Andersen-Jantzen-Soergel [AJS] が 1994 年, G と $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$ の同値性を示し, Kazhdan-Lusztig [KL] が 1994 年 $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$ と $\widehat{\mathfrak{g}}_{\mathbf{C}}$ の同値性を示し, 最後に 柏原-谷崎 [KT] が 1995 年 $\widehat{\mathfrak{g}}_{\mathbf{C}}$ に関する Lusztig 予想を, 旗多様体上の D 加群の理論を駆使して証明することによって完成した (ただし, p が十分大きい場合. p の具体的な範囲は知られていない).

ところで, アフィン Weyl 群 $\widehat{W}$ の パラメータ q による q 類似としてアフィン Hecke 環 $H_q(\widehat{W})$ が構成され, $\widehat{W}$ の Kazhdan-Lusztig 多項式は, $H_q(\widehat{W})$ の Kazhdan-Lusztig 基底と標準基底との間の変換行列として定義される. 一方, 量子群 $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$ においてパラメータ v が generic の場合, その表現はすべて完全可約になるが, v が 1 の巾根の場合には完全可約性が崩れ, (標数がゼロにも拘らず) モジュラー表現と同様の現象が起きる. $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$ に関する Lusztig 予想を標語的に云えば, 量子群 $U_v(\mathfrak{g}_{\mathbf{C}})$ の "モジュラー表現" が, アフィン Hecke 環 $H_q(\widehat{W})$ の Kazhdan-Lusztig 基底によって記述される, ということができる. この場合, パラメータ v は 1 の巾根, q は generic である.

3 非定義標数の表現論

前節で見たように, 定義標数の場合 $G(\mathbf{F}_q)$ の表現論は基本的に Lie 環のウェイトによって記述される. しかし非定義標数の場合, 定義体と表現空間の標数が異なるので, ウェイト理論はあまり機能しない. かわりにここでは, 有限群の表現論の基本的な戦略に従って, $G(\mathbf{F}_q)$ の既約通常表現を ℓ 還元して得られる表現を分解することになる. そこでまず, $G(\mathbf{F}_q)$ の通常表現について述べる. $G(\mathbf{F}_q)$ の $\mathbf{C}$ 上の既約表現の分類はその構成において半単純 Lie 群の既約ユニタリ表現の分類に似ている. 事実 Harish-Chandra はユニタリ表現分類の経験を $G(\mathbf{F}_q)$ に持ち込んで, $G(\mathbf{F}_q)$ の既約表現分類の基本的な枠組みを作った (Harish-Chandra の哲学). それは, cuspidal な既約表現の分類と, Levi 部分群からの cuspidal 表現の Harish-Chandra 誘導による分解である. Harish-Chandra 誘導の最も簡単な場合が, $G(\mathbf{F}_q)$ の Borel 部分群 $B(\mathbf{F}_q)$ からの誘導表現 $\phi = \mathrm{Ind}_{B(\mathbf{F}_q)}^{G(\mathbf{F}_q)} 1$ にあたる. 岩堀は ϕ の自己準同型環 $\mathrm{End}_{G(\mathbf{F}_q)} \phi$ の構造を決定し, ϕ の分解に現れる $G(\mathbf{F}_q)$ の既約表現が, 対応する G の Weyl 群 W の既約表現によってパラメトライズされることを示した. $\mathrm{End}_{G(\mathbf{F}_q)} \phi$ を抽象化して得られたのが W に付随する Hecke 環 $H_q(W)$ であり, パラメータ q が素数 p の巾のとき, $H_q(W)$ は $\mathrm{End}_{G(\mathbf{F}_q)} \phi$ に一致する. $H_q(W)$ は岩堀にちなんで, 現在では Iwahori-Hecke 環と呼ばれている.

最も基本的な場合である $G(\mathbf{F}_q) = GL_n(\mathbf{F}_q)$ の既約通常表現は 1955 年 Green により分類された. 一般の有限 Chevalley 群に対して Harish-Chandra の哲学を実行することは難しかったが, 1976 年 Deligne-Lusztig [DL] が, ℓ 進コホモロジーの交代和として Deligne-Lusztig の一般表現 $R_T^G(\theta)$ を構成し, 多くの既約表現を得た. そして, 1980 年代に Lusztig が有限簡約群のすべての既約表現の分類と次数の決定を成し遂げた.

$\ell \neq p$ とする. $G(\mathbf{F}_q)$ の既約 ℓ モジュラー表現を考える際に, 前節の Weyl 加群に相当するものは, 既約通常表現から ℓ 還元して得られる $G(\mathbf{F}_q)$ 加群である. その組成列に表れる既約表現の重複度が分解定数であり, それからできる行列が分解行列である. $G(\mathbf{F}_q)$ の分解行列が決定できれば既約表現が記述できる. Dipper は, $\mathrm{End}_{G(\mathbf{F}_q)} \phi$ の ℓ 還元の分解行列が $G(\mathbf{F}_q)$ の分解行列の一部となっていることを示した. これは, $H_q(W)$ のパラメータ q に p の巾を代入し, さらに基礎体を $\mathbf{F}_\ell$(の代数的閉包) とすることを意味する. $p \neq \ell$ であるから, q は $\mathbf{F}_\ell$ の元として位数有限になる ($q^e \equiv 1 \mod \ell$).

かくして, パラメータを 1 の巾根に特殊化した Hecke 環 $H_q(W)$ が登場することになった. さらに, $G(\mathbf{F}_q) = GL_n(\mathbf{F}_q)$ の場合に, Dipper-James [DJ] は Hecke 環の拡張版である q-Schur 代数を構成し, $GL_n(\mathbf{F}_q)$ の 分解行列は種々の q-Schur 代数の分解行列からすべて得られることを示した. これにより, $GL_n(\mathbf{F}_q)$ の分解行列の決定は q-Schur 代数の分解行列の決定に帰着される. 一般の有限 Chevalley 群については Hecke 環から得られる部分を除いて分解行列の記述は知られていない.

4 Ariki-Koike 代数と円分 Hecke 環

1994 年有木は小池と共同で, 古典型 Hecke 環の拡張に関する論文 [4] を発表した. この論文が, 有木のその後の研究の方向を決定づける重要な転回点となったのである. 彼らは対称群 S_n と可換群 $(\mathbf{Z}/r\mathbf{Z})^n$ との半直積の群, $W_{n,r} = S_n \ltimes (\mathbf{Z}/r\mathbf{Z})^n$ の群環の q 類似 $H_{n,r}$ (パラメータは $q, u_1, \ldots, u_r$) を構成した. そして $H_{n,r}$ が階数 $|W_{n,r}|$ の $\mathbf{Z}[q, u_1, \ldots, u_r]$ 自由加群になることを示し, その商体上の既約表現をすべて決定した. $W_{n,r}$ は, $r = 1$ の場合対称群 S_n に一致し, $r = 2$ の場合は B_n 型の Weyl 群となる. $r > 2$ の場合, $W_{n,r}$ は Weyl 群ではないが, 一般に $W_{n,r}$ は $G(r, 1, n)$ 型の複素鏡映群になる. その意味で, $H_{n,r}$ は古典型 Weyl 群に付随した Hecke 環から, 複素鏡映群に付随した Hecke 環への拡張とみることができる.

この論文は著者の意図 (筆者の想像だが) を越えた, 大きな反響を引き起こした. それは次の理由による. $G(\mathbf{F}_q)$ の非定義標数のモジュラー表現を考える. ℓ は W の位数を割らないとする. $GL_n(\mathbf{F}_q)$ の既約通常表現の集合の ℓ ブロックへの分割が Deligne-Lusztig 理論と非常に良くマッチすることが Fong-Srinivasan によって示された. その結果を一般の有限簡約群 $G(\mathbf{F}_q)$ に拡張する試みの中で, Broué は d-Harish-Chandra 理論の構想に到達した. 正の整数 d に対し, $\Phi_d(t)$ を d 次の円分多項式とする. d-Harish-Chandra 理論では, $T(\mathbf{F}_q)$ の位数が $\Phi_d(q)$ の巾で与えられるような, 極大トーラス T に関する Deligne-Lusztig の一般表現 $R_T^G(1)$ を分解することにより, 巾単表現を含む ℓ ブロック (ℓ は $\Phi_d(q)$ の約数) の記述が得られる. $d = 1$ の場合が通常の Harish-Chandra 理論である. このとき, $N_G(T(\mathbf{F}_q))/T(\mathbf{F}_q)$ は複素鏡映群になり, それが Weyl 群の働きをする. そこで, $R_T^G(1)$ の "自己準同型環" (加群の交代和なので, そのままでは定義できない) として複素鏡映群に付随した Hecke 環が自然に表れるだろうというのが Broué の予想である ([BM]). $H_{n,r}$ は, 期せずして Broué の構想に対する恰好の実例を提供したのだった.

Hecke 環 $H_{n,r}$ は, いざ世に現れてみると, 実に自然で豊かな数学的土壌を持っていることが分かって来た ([M] 参照). 多くの研究者が $H_{n,r}$ に関わり (筆者もその恩恵を受けた一人である), $H_{n,r}$ は現在では Ariki-Koike 代数と呼ばれている. Broué 達は複素鏡映群に付随する Hecke 環を総称して, 円分 Hecke 環と呼んだ. 有木は [4] に続いて, [5],[6] で Ariki-Koike 代数の半単純性の条件を与えるなど重要な貢献をし, それらは円分 Hecke 環の理論の中核となっている.

5 LLT 予想 — Hecke 環と量子群の新たな出会い

3 節に述べたように $GL_n(\mathbf{F}_q)$ の分解定数を記述するのは, 基礎体を F ($\mathbf{F}_\ell$ の代数的閉包) とした Hecke 環 $H_{q,F}(S_n)$ であった. そこでは, q は 1 の e 乗根となる. 今, 基礎体を $\mathbf{C}$ とし, パラメータを 1 の e 乗根 $\zeta \in \mathbf{C}$ に特殊化した Hecke 環 $H_{\zeta,\mathbf{C}}(S_n)$ を考える. すると e を固定したとき, 有限個の ℓ を除いて, $H_{\zeta,\mathbf{C}}(S_n)$ と $H_{q,F}(S_n)$ の分解行列は一致する. そのような ℓ の具体的な範囲については知られていないが, James [J] による予想がある.

そこで $H_{\zeta,\mathbf{C}}(S_n)$ の分解定数を決定することが重要な問題になる. 1996 年 Lascoux-Leclerc-Thibon [LLT] は組み合わせ論的な計算から, 分解定数が以下のようにアフィン量子群の標準基底と関係していることを発見した (LLT 予想). 自然数 n の分割 λ でパラメトライズされた基底 $[\lambda]$ を持つ $\mathbf{C}$ ベクトル空間を $\mathcal{F}_n$ とする. $\mathcal{F} = \bigoplus_{n\geq 0} \mathcal{F}_n$ 上にアフィン Lie 環 $\widehat{\mathfrak{sl}}_e$ の作用が定義される. これを $\widehat{\mathfrak{sl}}_e$ のフォック空間への表現という. 林により, $\widehat{\mathfrak{sl}}_e$ の $\mathcal{F}$ への作用はアフィン量子群 $U_v(\widehat{\mathfrak{sl}}_e)$ にまで拡張された (v はパラメータ). 今, 0 の分割 $[\emptyset]$ により生成された $\mathcal{F}$ の $U_v(\widehat{\mathfrak{sl}}_e)$ 部分加群を $\mathcal{K}$ とする. $\mathcal{K}$ は可積分な (基本ウェイト Λ_0 を最高ウェイトとする) 最高ウェイト加群となり, 柏原, Lusztig により, $\mathcal{K}$ に標準基底 (= 大域基底) が存在する. この標準基底を元の基底 $[\lambda]$ で表したときの係数が, $H_{\zeta,\mathbf{C}}(S_n)$ の分解行列を記述するというのが LLT 予想である.

LLT 予想は A 型の Hecke 環についての予想であるが, 有木 [9] は, 竹村-Uglov により導入されたレベル r のフォック空間を利用することにより, それを Ariki-Koike 代数にまで拡張して証明を与えた. Dipper-James により $H_{\zeta,\mathbf{C}}(S_n)$ の既約表現の分類はできていたが, Ariki-Koike 代数については知られていなかった. そのようなこともあって, Ariki-Koike 代数についての議論は A 型の場合よりも困難である. 有木は, Ariki-Koike 代数 $H_{n,r}$ が A 型のアフィン Hecke 環 $H_q(\widehat{S}_n)$ の商代数であることに注目し, Lusztig, Ginzburg によるアフィン Hecke 環の幾何的理論, Lusztig による $U_v^-(\widehat{\mathfrak{sl}}_e)$ の標準基底の幾何的な構成などをフルに利用して証明した. 特に, 標準加群 (standard module) 中の既約 $H_q(\widehat{S}_n)$ 加群の重複度と, $U_v^-(\widehat{\mathfrak{sl}}_e)$ の標準基底の PBW 基底による表示とが, ともに同じ交差コホモロジーによって記述されるというのが本質的である.

有木の定理は, Hecke 環のモジュラー表現論に決定的な変革をもたらした. 今まで無縁だった量子群の結晶基底をめぐる豊富な幾何と組み合わせ論の成果が, モジュラー表現の世界に移入されるようになったのである. 特に, 標準基底は計算可能なので, $H_{n,r}$ の分解行列を計算するアルゴリズムが得られた. LLT 予想は, その後 Leclerc-Thibon により q-Schur 代数にまで拡張され, Varagnolo-Vasserot [VV] により解決された. これにより, q-Schur 代数の分解行列, したがって $GL_n(\mathbf{F}_q)$ の分解行列は (十分大きい ℓ に対して) 完全に決定された. Dipper-James-Mathas は q-Schur 代数の拡張として, Ariki-Koike 代数に付随する「円分 q-Schur 代数」を構成したが, こちらに関してはまだ分解行列は決まっていない. 有木の結果を 2 節の Lusztig 予想と対比してみると面白い. 標語的に云えば, Ariki-Koike 代数 (Hecke 環 $H_q(W)$) のモジュラー表現がアフィン量子群 $U_v(\widehat{\mathfrak{sl}}_e)$ の標準基底によって記述されたのである. ここに q は 1 の巾根, v は generic である.

6 おわりに

LLT 予想を証明した後, 有木は Ariki-koike 代数や古典型 Hecke 環に関する精力的な研究を続けている. その主なものは, Ariki-Koike 代数の既約表現の分類 [14], [17], 古典型 Hecke 環の表現型の決定 [19], [20], [21] などである. いずれも, 有木の定理が鍵になっている. 前者は, 組み合わせ論的方法では B_n 型 Hecke 環の場合でさえも成功しなかった分類を, フォック空間を利用して解決したものであり, 後者は古典型 Hecke 環に関する宇野の予想を解決したもので, ともに大きな成果といえるだろう.

有木氏はその論説の冒頭で, 小説を例にあげて小さな具体例にこだわる氏の研究姿勢を吐露されている. けだし急所への一撃が一般論を凌駕するのである. 非定義標数の表現論には, James 予想や, $Sp_{2n}(\mathbf{F}_q)$ の分解行列の決定など, まだまだ手つかずの大きな問題が残されている. 有木氏の今後の活躍に期待したい.

本稿をまとめるにあたり, 有益な議論をして頂いた宮地兵衛氏に感謝します。

References

[AJS] H.H. Andersen, J.C. Jantzen and W. Soergel, Representations of quantum groups at a p-th root of unity and and of semisimple groups in charactersitic p: independence of p, Astérisque **220**, 1994.

[BM] M. Broué and G. Malle, Zyklotomische Heckealgebren, in "Représentations unipotentes génériques et blocs des groupes réductifs finis", Astérisque **212** (1993), 119-189.

[DJ] R. Dipper and G. James, The q-Schur algebras. Proc. London Math. Soc. **59** (1989), 23-50.

[DL] P. Deligne and G. Lusztig, Representations of reductive groups over finite fields, Ann. of Math. **103** (1976), 103–161.

[J] G.D. James, The decomposition matirces of $GL_n(q)$ for $n \leq 10$, Proc. London Math. Soc. **60** (1990), 225-265.

[KL] D. Kazhdan and G. Lusztig, Tensor structures arizing from affine Lie algebras, I, II, III, IV, J. AMS, **6** (1993) 905-947, **6** (1993) 949-1011, **7** (1994) 335-381, **7** (1994) 383-453.

[KT] M. Kashiwara and T. Tanisaki, Kazhdan-Lusztig conjecture for affine Lie algebras with negative level, Duke Math. J. **77** (1995), 21-62.

[LLT] A. Lascoux, B. Leclerc and J.Y. Thibon, Hecke algebras at roots of unity and crystal bases of quantum affine algebras, Comm. Math. Physics **181** (1996), 205-263.

[M] A. Mathas, The representation theory of Ariki-Koike and cyclotomic q-Schur algebras, to appear in Adv. Stud. Pure Math. **40**.

[VV] M. Varagnolo and E. Vasserot, On the decompostion matrices of the quantized Schur algebra, Duke Math. New Series **4** (1998), 549-623.

有木進氏の文献リスト

論　文

[1] (with J. Matsuzawa and I. Terada) Representations of Weyl groups on zero weight spaces of $\mathfrak{g}$-modules, Algebraic and Topological Theories 宮田武彦記念号 (1985), 546-568.

[2] On the representations of Weyl groups of type D corresponding to the zero weights of the representations of $SO(2n, \mathbb{C})$, Proceedings of Symposia in Pure Math. **47** (1987), 327-342.

[3] A decomposition of the adjoint representation of $U_q(\mathfrak{sl}_2)$, J. Fac. Sci., Univ. Tokyo, **Sec.IA 40** (1993), 141-159.

[4] (with K. Koike) A Hecke algebra of $(\mathbb{Z}/r\mathbb{Z}) \wr \mathfrak{S}_n$ and construction of its irreducible representations, Adv. Math., **106** (1994), 216-243.

[5] On the semisimplicity of the Hecke algbera of $(\mathbb{Z}/r\mathbb{Z}) \wr \mathfrak{S}_n$, J. Alg. **169** (1994), 216-225.

[6] Representation theory of the Hecke algebra of $G(r, p, n)$, J. Alg. **177** (1995), 164-185.

[7] (with T. Terasoma and H. Yamada) Schur-Weyl reciprocity for the Hecke algebra of $(\mathbb{Z}/r\mathbb{Z}) \wr \mathfrak{S}_n$, J. Alg **178** (1995), 374-390.

[8] (with T. Nakajima and H. Yamada) Weight vectors of the basic $A_1^{(1)}$-modules and the Littlewood-Richardson rule, J. Physics A: Math. Gen. **28** (1995), L357-L361.

[9] On the decomposition numbers of the Hecke algebras of $G(m, 1, n)$, J. Math. Kyoto Univ., **36** (1996), 789-808.

[10] (with T. Terasoma and H. Yamada) Higher Specht polynomials, Hiroshima Math. J. **27** (1997), 177-188.

[11] q-analogue of a twisted group ring, in "Finite Reductive Groups, Related Structures and Representations", Progress in Math. **141** (1997), 1-13.

[12] (with T. Nakajima and H. Yamada) Reduced Schur functions and Littlewood-Richardson coefficients, J. London Math. Soc. (2) **59** (1999), 396-406.

[13] Cyclotomic q-Schur algebras as quotients of quantum algebras, J. Reine Angew. Math. **513** (1999), 53-69.

[14] (with A. Mathas) The number of simple modules of the Hecke algerbas of type $G(r, 1, n)$, Math. Zeit. **233** (2000), 601-623.

[15] Robinson-Schenstd correspondence and left cells, in "Combinatorial Methods in Representation Theory" Adv. Stud. Pure Math., **28** (2000), 1-20.

[16] Some remarks on $A_1^{(1)}$ soliton cellular automata, J. Math. Sci. Univ. Tokyo **8** (2001), 143-156.

[17] On the classificaition of simple modules for cyclotomic Hecke algebras of type $G(m,1,n)$ and Kleshchev multipartitions, Osaka J. Math. **38** (2001), 827-837.
[18] Lectures on cyclotomic Hecke algebras, in "Quantum Groups and Lie Theory", London Math. Soc. Lecture Note Ser. **290** (2001), 1-22.
[19] (with A. Mathas) The representation type of Hecke algebras of type B, to appear in Adv. Math.
[20] Uno's conjecture on representation types of Hecke algebras, Algebraic Combinatorics and Quantum Groups (2003), 1-9.
[21] On tameness of the Hecke algebras of type B, in "Combinatorial and Geometric Representation Theory", Contemp. Math. **325** (2003), 11-30.
[22] Hecke algebras with a finite number of indecomposable modules, in "Representation Theory of Algebraic Groups and Quantum Groups", Adv. Stud. Pure Math., to appear.
[23] Hecke algebras of classical type and their representation type, preprint.

著　書

[24] $A_{r-1}^{(1)}$ 型量子群の表現論と組み合わせ論, 上智大学数学講究録 **43**, 2000 年.
[25] Representations of Quantum Algebras and Combinatorics of Young Tablueaux, University Lecture Series **26** Amer. Math. Soc. 2002.

(2004 年 1 月 10 日提出)
(しょうじ としあき · 名古屋大学大学院多元数理科学研究科)