

平成21年5月31日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2005～2008
 課題番号：17540137
 研究課題名（和文） 建部賢弘の数学に関する研究
 研究課題名（英文） A Study on Takebe Katahiro's Mathematics
 研究代表者
 小川 束（Ogawa Tsukane）
 四日市大学・環境情報学部・教授
 研究者番号：90204081

研究成果の概要：建部賢弘のテキストの校合を基にその数学，数学思想および初期日本数学史における歴史的意義に関する研究を行った。その結果，建部の数学にはきわめて現代的な側面とともに，数値の観察による誤差の評価という歴史的な側面があることが明らかになった。また『綴術算経』『自質の説』の数学論，数学者論などにおいては，建部が儒学思想など当時の主流思想をある程度自由に数学に敷衍したものであることを明らかにすることができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	500,000	0	500,000
2006年度	500,000	0	500,000
2007年度	500,000	0	500,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	2,000,000	150,000	2,150,000

研究分野：近世日本および東アジアにおける数学史

科研費の分科・細目：数学・数学一般（含確率論・統計数学）

キーワード：近世日本本数学史，建部賢弘，関孝和

1. 研究開始当初の背景

建部賢弘（1664～1739）は関孝和（？～1708）と共に17，18世紀日本を代表する数学者の一人であり，当時世界的に見てきわめて精密な43桁の円周率計算や円弧の長さの無限級数への展開などがつとに知られていた。しかしこれまでに認識されていたのは表層的な結果についてのみであり，これらの数学的，歴史的な解明は不十分であった。とくに，これまでの研究は歴史的側面からのものが主であり，数学として理解しようとする側面は必ずしも十分ではなかった。また，建部賢弘のその他の数学，あるいはその数学思想の研究についてはわず

かな研究が散見されるのみであった。建部賢弘はその独自の数学観，数学者観はもとより，関孝和の高弟として関の数学を考える上にも重要な位置を占める数学者である。建部賢弘の数学の研究は17世紀から18世紀の日本数学を考える上で欠かせないものであり，2014年に生誕350年を迎える前の10年にあたって，研究の進展が望まれるものであった。

2. 研究の目的

本研究の目的は建部賢弘の数学に関する資料の整理，および建部賢弘の数学の実像，特質を総合的に明らかにすることにある。

すなわち、

- (1) 建部賢弘の数学の「数学的」解明、
 - (2) 建部賢弘の数学思想の「思想的」解明、
 - (3) 建部賢弘の活躍した時代の数学の全般的状況の把握を通じての建部賢弘の数学の「歴史的」解明、
- が本研究の主要な目的である。

3. 研究の方法

(1) 数学的研究 これまでの建部賢弘の数学の研究は主として歴史学の側面から行われてきたため、現代数学を基礎として建部の数学を「数学として」理解しようとする側面が十分でなかった。たとえば、建部の数学の中には現代の数値解析の先駆的手法が見出され、これらの分野については現代数学からの解釈と、実際の建部の手法の理解とによって始めてその歴史的な意義を明らかにすることができる

(2) コンピュータの利用 とくに円周率の計算、円弧長の無限級数展開についてはその手法が数値計算法的であるから、コンピュータによる再現計算は重要な方法論である。このことは建部に数学に限らず、関孝和の数学における数値解析的側面を検討するときにも共通の有効な研究手段である。

(3) 思想的研究 建部賢弘は近世日本の人物であるから、その数学観、数学者観は主として儒学思想に基くものであり、今日の我々とは著しく異なっている。しかしそれがどのようなものであったのかは必ずしも明白ではない。一方建部は自らの数学観、数学者観を著作に残した数少ない数学者である。この点からも建部の著作の詳細な検討は建部自身の数学のみならず、近世日本数学の理解にも大きく資するものである。

(4) 歴史的研究 建部は関孝和の高弟として関孝和から強い影響を受けたことから、関孝和の数学の研究は建部の数学を考える上では不可欠である。最近では建部の数学研究活動が逆に関に何らかの影響をあたえたのではないかと、あるいはそれを否定できるのか、という新しい問題も提起されている。それほどに関と建部の数学は関連があるのである。2008年は関孝和の没後300年であり、これを契機として研究の進展があった。本研究でも建部と関の関係の密接性に基き関の研究も進めた。

(5) 著作の現代語訳と英訳 近世日本の数学は日本語、あるいは日本式・数学用漢文(とも言うべき漢文)で書かれていることから、その現代語訳ということにはあまり注目さ

れてこなかった。確かに数学上のアイデアあるいは概要を知るためならば格別現代語訳の必要もないかも知れない。しかしながら、テキストを精確に読もうとすると非常な困難が伴うことがわかる。これまで国文学方面においても数学書からの語彙の蒐集は行われておらず、また中国数学、儒学、道学などからの専門用語を数学向きに敷衍して用いるなどしているからである。したがってオリジナルのテキストを注解付きで現代語訳することは、単なる用語の置き換え以上の意義を有するものであり、今後この種の現代語訳が増えることが望まれる。また、近年海外の数学者の中にも近世日本の数学に関心を寄せるものも見られるようになったが、そのためにもテキストの英訳を準備することは研究基盤の整備としても重要である。

4. 研究成果

(1) 建部賢弘の数学の「数学的」解明 建部賢弘の数学の解明における主たる課題は①円周率計算における加速計算の起原およびその理論的根拠の明確化、②円弧長の無限級数展開に関する三つの公式の意義、③計算結果の評価の3点である。

まず、①についてはこれまで意外なことに問題視されてこなかったが、日本数学史における初めての解析的算法としてその意義は重大である。その起源は関孝和の円周率計算における加速計算の起源を探ることに帰着するが、最近、関が読んだとされる中国の『楊輝算法』の中にその契機を見出せることが上野健爾によって指摘された。しかし現在のところ、日本においてこの点に言及した史料を見出すことはできず、一つの仮説とするのが妥当であろうとの結論を得た。一方、関や建部がどのような根拠に基いて加速計算の正当性を保証していたのかについては、『起源解』などの記述を参考史料にして、無限級数の部分和の観察ということ提案しているが、他にも『拾璣算法弧背術解極秘伝』にみられる幾何学的計算の可能性を指摘する横塚啓史の研究もある。この点についてはさらなる史料調査が必要であろうが、『起源解』に基く説の蓋然性は高いと思っている。

②に関しては、共同研究者の森本光生がこれら三つの無限級数展開の意味を明確にした。すなわち、第一の公式はテイラー展開そのもの、第二、第三の公式は収束を早めるために変数を変換してからテイラー展開をしたものである。第一の公式はつとに有名なものであるが、収束が遅いため建部はこれをさらに改良して収束を早める工夫をし、第二、第三の公式を得た。これ以外にもいくつかの過渡的な公式が得られていたが、内容に

ついで具体的な記述はこれまで明らかになっ
ていない。これらの公式の改良は 10 進
値で得られた値との比較によって収束を早
める努力であったことが明らかになった。

③の数値の評価という点については本研究
においては実際に記述されている値よりも
さらに先の値を計算して、これらの値を比較
検討したという説を提案している。関、建部
とも解析的な計算においては値の比較観察
ということが重要な研究手段であったとい
うのがその根拠の一つであるが、現在のと
ころこの問題については真島秀行、竹之内
修らによる説も提出されており、未だ結
論を見ない。

(2) 建部賢弘の数学の「思想的」解明。建
部はその著作『綴術算経』の「自質の説」
において自らの数学観、数学者観を披瀝し
ているが、建部が数学に於いて思想的な
言辭を述べる場合、その下敷きとなってい
るのはもちろん朱子の学説である。たと
えば「自質之説」（のみならず『綴術算
経』全体）において、「質」という語は人
間と数学とについて言われるが、まず人
間について言われるときは、朱子学にお
ける「天然の性」といっても良いかもし
れない。ただし建部の考えていた人間の
質とは生得の変化し得ないものではある
が、善悪というような切り口はなく、数
学者としての質に限定される。一方、数
学について言われる質は、「形質」（第
一、四、九章）あるいは「求積碎抹ノ
質」（第九章）、「弧背ノ形質」
、「弧背自然ノ質」
、「弧ノ質」（第十二章）という
ように用いられ、本質、性質、特質とい
うときの質として用いられているが、こ
れは「性即理」における理であろう。し
かしながら、建部はこれとは別に「理」
という語を用いており、両者を区別して
いたように思われる。すなわち、建部の
いう「理」は問題の解法における根拠
というような意味合いであり、もちろ
んこれは研究対象の本質と密接に関連
するとはいえ、研究対象の本質その
ものを指し示すときには質と呼んでい
るのである。いずれにせよ、建部の考
察は道徳論としての朱子学の範疇には
含まれないものである。これらの概念
は建部の自学あるいは同僚の榊原霞州
を通じて得られた儒学の概念を数学
および数学者の質に敷衍したものであ
り、厳密に言えば建部独自の概念設定
である。建部が議論するのは数学と
数学研究についてであるから、既存の
いわゆる道徳論、宇宙論からの制約は
むしろ少なく、各派の学説を折衷的に
用いて自由に数学論を披瀝したと考
えられなくもない。このような折衷的
態度の拡大は建部賢弘の天元の一の
解釈に関する貝原益軒（1630～171

4) の理気不可分論的な記述にも見ら
れる。

(3) 建部賢弘の数学の「歴史的」解明。建
部の数学がその師たる関孝和の影響を多
大に受けていることは明らかであり、関
の業績を無視して建部の数学を語るこ
とはできない。しかしながらこれまでの
巷間の理解は関孝和の数学上の業績を
いわゆる関流の数学と混同し、その結
果、関の著作が過度に拡大認定され
ていたきらいがあった。近年に至り関
孝和の実像に迫る研究が進められ、そ
の結果、仮に関自身の著作が（『大成
算経』を除いて）9冊とするならば、建
部が言及も研究もしなかったと思われ
るのは『開方翻変之法』、『題術辨議
之法』、『病題明致之法』に述べられ
た方程式論および問題出題論だけで
あり、当初考えていたよりも建部の研
究範囲は（その著作数は別として）広
範であったことが明らかになった。一
方で今日的視点からして重要と思われ
る方程式論に関して建部が沈黙してい
ることは意外の念を起させるのに十分
である。建部は関の『発微算法』に注
解を施し『発微算法演段診解』を著
わしているが、そこには関による行列
式の発明の契機となった高次連立方程
式における未知数消去の理論が用いら
れている。建部はこれを完全に理解し、
さらに『綴術算経』においては関の行
列式の理論に言及していると思われる
文言が見出される。それにもかかわら
ずこれに関して研究を進めなかったの
は、関の研究がその時点では完成の域
に達していたとの認識があったとも一
応考えておきたい。しかしながら、こ
の点に関しては未だ最終的な結論を得
るには至っておらず、むしろ今後の
新たな研究課題とすべきであろう。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者
には下線）

〔雑誌論文〕（計 12 件）

- ① 小川東、「関孝和の数学をめぐる謎」、『
数学文化』10、95～99ページ、2008
年、有。
- ② 小川東、「関孝和の角術」、『
数学文化』10、67～75ページ、2008
年、有。
- ③ 小川東、「自然数の冪乗の和とベルヌー
イ数」、『数学文化』10、51～66
ページ、2008年、有。
- ④ 小川東、「円周率、円弧長、球の体積の
計算」、『数学文化』10、38～50
ページ、2008年、有。
- ⑤ 小川東、「関孝和によるベルヌーイ数の
発見」、『京都大学数理解析研究所講
録』、1583、1～18ページ、2008
年、有。

- ⑥ 小川東, 「和算から洋算へ」, 『科学』, 78. 1, 73~75 ページ, 2008年, 無.
- ⑦ 小川東, 「和算に見る計算力」, 『科学』, 77. 1, 1054~1056 ページ, 2007年, 無.
- ⑧ Mitsuo Morimoto and Tsukane Ogawa, The Mathematics of Takebe Katahiro: Three Formulas on an Inverse Trigonometric Function, Sugaku Expositions (American Mathematical Society), 20.2, 237~252, 2007, 有.
- ⑨ 小川東, 「『綴術算経』の「自質説」について——現代語訳の試み——」, 『京都大学数理解析研究所講究録』, 1546, 163~174 ページ, 2007年, 有.
- ⑩ 小川東, 「関孝和と行列式」, 『数学のたのしみ』, 2006年夏, 67~86 ページ, 2006年, 有.
- ⑪ 小川東, 「近世日本数学における表現形式について」, 『京都大学数理解析研究所講究録』, 1513, 112~120 ページ, 2006年, 有.
- ⑫ 小川東, 「建部賢弘の『算学啓蒙診解大成』における「立元の法」に関する註解について」, 『数理解析研究所講究録』1444, 63~72 ページ, 2005年, 有.

[学会発表] (計20件)

- ① Ogawa Tsukane, The Bernoulli Numbers Discovered by the Pre-modern Japanese Mathematician Seki Takakazu, International Program for a Study of the History of Mathematics in East Asia, 2009年3月21日, 明治村.
- ② 小川東, 「関孝和の数学と現代数学」, 日本数学協会文化後援会, 2008年11月29日, 東京大学.
- ③ 小川東, 「関と消去理論」, 関孝和三百年際記念講演会「和算と東北大学」, 2008年11月15日, 東北大学.
- ④ 小川東, 「関の時代と数学」, 関孝和三百年際記念講演会「和算と東北大学」, 2008年11月15日, 東北大学.
- ⑤ 小川東, 「西脇利忠『算法天元録』にみる未知数消去の理論」, 堺・南大阪地域学研究会, 2008年10月18日, 大阪府立大学.
- ⑥ Ogawa Tsukane, Theories of Circles Originated by Seki and Takebe Katahiro, International Conference on History of Mathematics in Memory of Seki Takakazu (1642?-1708), 2008年8月29日, Tokyo University of Science.
- ⑦ 小川東, 「関孝和の数値計算について」, 京都大学数理解析研究所研究集会, 2008年8月5日, 京都大学数理解析研究所.

- ⑧ 小川東, 「関孝和とその後継者達」, 日本数学協会文化講演会, 2008年6月7日, 東京大学.
- ⑨ 小川東, 「関孝和と建部兄弟の円周率計算」, 日本科学史学会, 電気通信大学, 2008年5月24日.
- ⑩ 小川東, 「関孝和と建部兄弟の円周率計算」, 数学文献を読む会, 共立出版, 2008年4月4日.
- ⑪ Tsukane Ogawa, Calculation of Pi of Seki Takakazu and Takebe Katahiro, International Program for a Study of the History of Mathematics in East Asia, 天津師範大学, 2008年3月21日.
- ⑫ 小川東, 「関孝和によるベルヌーイ数について」, 京都大学数理解析研究所研究集会「数学史の研究」, 京都大学数理解析研究所, 2007年8月21日.
- ⑬ 小川東, 「江戸時代の円周率計算」日本科学史学会・科学史学校第20期, 2007年7月21日, 国立科学博物館.
- ⑭ Tsukane Ogawa, “The Bernoulli Numbers Discovered by Seki Takakazu,” International Program for a Study of the History of Mathematics in East Asia, 2007年3月10日, 国際基督教大学.
- ⑮ 小川東, 「『綴術算経』の「自質説」について——現代語訳の試み」, 京都大学数理解析研究所研究集会(数学史の研究), 2006年8月24日.
- ⑯ 小川東, 「天元庵述『数理筆談』について」, 日本数学会, 2006年3月28日, 中央大学.
- ⑰ Tsukane Ogawa, “A Quotation from the ‘Suishu’ in the ‘Tetsujutsu Sankei’ by Takebe Katahiro,” 東亜数学典籍学術検討会, 2006年3月18日, 中国・精華大学.
- ⑱ 小川東, 「江戸時代の人々ほどのように数学を学んだか」, 数学教育の会, 2006年1月8日, 学習院大学.
- ⑲ 小川東, 「近世日本数学における表現形式について——『大成算経』の隠題をめぐる」, 京都大学数理解析研究所研究集会(数学史の研究), 2005年8月23日.
- ⑳ Tsukane Ogawa, “Editing a Critical Version of TAKEBE Katahiro’s Mathematical Works,” The Sixth International Symposium on the History of Mathematics and Mathematical Education Using Chinese Characters,” 2005年8月5日, The University of Tokyo.

[図書] (計5件)

- ① 上野健爾, 小川東, 小林龍彦, 佐藤賢一, 『関孝和論序説』, 岩波書店, 281 ページ, 2008年.
- ② 小川東, 佐藤健一, 竹之内脩, 森本光

生, 『建部賢弘の数学』, 共立出版, 197
ページ, 2008年.

③ 小川東, 「関孝和の著作」, 関孝和三百年
祭記念事業実行委員会監修, 佐藤健一・真島
秀行編, 『関孝和の人と業績』, 研成社, 6
4～79ページ, 2008年.

④ Tsukane Ogawa and Kenji Ueno, Il
Giappone nel periodo Edo, La matematica,
387～399, 2007.

⑤ 小川東校注, 『股肱弦鈔』江戸初期和算
選書第8巻3, 研成社, 1～83ページ, 2
007年.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 東 (Ogawa Tsukane)
四日市大学・環境情報学部・教授
研究者番号: 90204081

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし