

数理解析研究所講究録 1869

RIMS 共同研究

ウェーブレット解析とサンプリング理論

京都大学数理解析研究所

2013年12月

数理解析研究所講究録は、京都大学数理解析研究所の共同利用研究集会および共同研究の記録として1964年に刊行が開始されました。現在の共同利用・共同研究拠点（2010年発足）の前身である、全国共同利用研究所として当研究所が発足した翌年のことでしたが、以来半世紀、毎年数十巻を刊行し、2012年には第1800巻が刊行されるに至りました。第1巻から第1840巻までに収録された論文数は26,808編、総頁数は317,199頁という膨大なものであり、最先端の数学・数理科学分野の研究状況を伝えるのみならず、我が国の数学・数理科学の発展の歴史を留める文献として、他に類例を見ない論文集となっています。

講究録の内容は当研究所のウェブサイトおよび京都大学の学術情報リポジトリにおいても公開され、年間の総アクセス数は1,254,383回（2012年度）を数えるなど、多数の方にご利用いただいています。

講究録の使用言語は論文著者の判断に任されていますが、結果的に日本語が多用されていることが特徴の一つとなっています。その結果、講究録は、数学・数理科学の広い領域における最先端の専門知識に母国語でアクセスできるものとして、近年の英語化の流れの中で、重要な文献となりつつあります。

当研究所の共同利用事業に参加し講究録の論文を執筆していただいた多数の方々に対し、講究録を大きく成長させていただいたことを深く感謝いたしますとともに、これからも、当研究所の共同利用・共同研究拠点としての活動にご参加いただき、講究録の発展にご協力いただけますよう心よりお願い申し上げます。

RIMS Kôkyûroku 1869

Wavelet analysis and sampling theory

September 10~11, 2012

edited by Ryuichi Ashino

December, 2013

Research Institute for Mathematical Sciences

Kyoto University, Kyoto, Japan

This is a report of research done at the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University. The papers contained herein are in final form and will not be submitted for publication elsewhere.

2012 RIMS 共同研究

「ウェーブレット解析とサンプリング理論」

研究代表者：芦野 隆一（大阪教育大学）

日時：2012 年 9 月 10 日（月）～ 2012 年 9 月 11 日（火）

会場：京都大学数理解析研究所 111 号室

〒 606-8502 京都市左京区北白川追分町

共同研究の目的

広い意味でウェーブレット解析やサンプリング理論によって解決できるかもしれないと期待できるトピックスに関して、講演者の方々に理論と工学的応用の現状、さらに解決すべき問題を解説していただき、その問題提起を端緒として参加者がディスカッションする形で、ウェーブレット解析やサンプリング理論が実際にどのように応用されているかをより深く理解することによって、新しい理論と産業への応用の道が開かれることを目指す。

プログラム

9月10日(月)

12:50 - 13:00 開会の挨拶

13:00 - 14:30 田中 利幸 (京都大学大学院 情報学研究科) Toshiyuki TANAKA

[基調講演] 圧縮センシングの基礎数理

x, y をベクトル, A を行列として, A, y を既知として連立一次方程式 $y = Ax$ を解いて x を求める問題においては, x に対してスパースさなどの仮定をおくと, 変数よりも方程式のほうが数が少ない状況でも解が求められる場合がある. 圧縮センシングにおける基礎数理的に重要な課題のひとつに, x がどのくらいスパースであればどのくらい少ない数の方程式から解が求められるかを調べる問題がある. この問題に関して, 最適化, ランダム行列, 積分幾何学, 大自由度統計などの多様な分野にまたがる横断的な視点から, 基礎的な結果ならびに最近の進展について概説する.

14:45 - 15:45 平林 晃 (山口大学大学院 医学系研究科 応用分子生命科学系専攻) Akira HIRABAYASHI

連続信号に対するスパースサンプリング

連続信号に対する標本化と言えばこれまで, ナイキスト間隔で行われることが常識的となってきた. しかし, レーダーやソナー, エコーなどに現れる信号は広帯域でありながら, 特定波形を平行移動したものの線形結合になっていることに着目すれば, ナイキスト間隔より遥かに広いスパースサンプリングが可能になる. また, 区間ごとに多項式や指数関数で定義された信号は帯域制限を受けてすらいないが, 同様のスパースサンプリングが可能である. 本講演では, これらの信号を包含する不確定率有限信号とよばれる信号クラスを紹介し, この信号クラスに対する標本化と再構成の理論を概説する. また, エコー信号や心電図波形など実信号に対する応用事例を紹介する.

16:00 - 17:00 山田 道夫 (京都大学 数理解析研究所) Michio YAMADA

時間周波数解析手法と Wigner 分布

理工学における時間周波数解析手法は, 窓付きフーリエ変換, Wigner 分布, ウェーブレット解析, のいずれかを基礎とするものが多い. ここでは Wigner 分布についての review を試みる. Wigner 分布と他の時間周波数解析手法の関係, Cohen 分布への拡張, 伏見関数などについて述べる.

9月11日(火)

9:30 – 10:30 黒石 裕樹 (国土交通省 国土地理院) Yuki KUROIISHI

半離散化ウェーブレット変換を応用した測地データの局在化信号分離の試み

半離散化ウェーブレット変換に基づき、一次元関数及び二次元関数の局在化信号展開と再構築を行うフレームを構成する。これらを測地学分野の時系列(一次元関数)と地理的分布データ(二次元関数)に適用し、局在化信号に展開する。さらに、異なる二地点で得られた時系列のウェーブレット展開から、時系列間のコヒーレンシー分析を行う。それらの結果から、半離散化ウェーブレット・フレーム表現に基づく入力データのフィルター効果を調べる。

10:45 – 11:45 池田 和司 (奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科) Kazushi IKEDA

脳情報解析およびバイオインフォマティクスにおけるスパース信号処理

圧縮センシングなどスパース信号処理の応用は様々であるが、本発表では脳情報解析およびバイオインフォマティクスに応用した例について紹介する。脳情報解析では脳波を用い、スパースロジスティックレグレッションでひらめき判別器を構成することで、ひらめきに関連する脳活動の時空間パターンを抽出した。バイオインフォマティクスでは compound を用いた実験結果を用い、圧縮センシングにより神経伸長に関連する kinase を特定した。

13:15 – 14:15 吉野 邦生 (東京都市大学 知識工学部 自然科学科) Kunio YOSHINO

佐藤超関数による Shannon-染谷の標本化定理の拡張と Ramanujan の積分公式

佐藤超関数を用いる事により Shannon-染谷の標本化定理を拡張する。特に、信号(関数)に対する二乗可積分の仮定をはずす事が出来る。更に複素解析的な手法を用いて Ramanujan の積分公式との関係を明らかにする。

14:30 – 15:30 岡田 正巳 (首都大学東京 数理) Masami OKADA

サンプリング値の補間による未知関数の再構成

規則格子でのサンプリング観測値から、もとの信号関数をできるだけ忠実に再構成するための数学的基礎は古くから知られている。ここでは、比較的最近の文献に従って、正定型関数を用いた不規則格子でのサンプリング補間について大まかに解説し、今後の発展の可能性を探る。

ウェーブレット解析とサンプリング理論
Wavelet analysis and sampling theory
RIMS 共同研究報告集

2012年9月10日～9月11日

研究代表者 芦野 隆一 (Ryuichi Ashino)
副代表者 山田 道夫 (Michio Yamada)

目 次

1. 連続信号に対するスパースサンプリング ----- 1
山口大・医学系 (Yamaguchi U.) 平林 晃 (Akira Hirabayashi)

2. 時間周波数解析手法とWigner-Ville 分布 ----- 15
京大・数理研 (Kyoto U.) 山田 道夫 (Michio Yamada)

3. 半離散化ウェーブレット変換を応用した測地データの局在化信号分離の試み --- 26
国土交通省国土地理院 (GSI) 黒石 裕樹 (Yuki Kuroishi)

4. 脳情報解析およびバイオインフォマティクスにおけるスパース信号処理 ----- 35
奈良先端大・情報科学 (Nara Inst. Sci. Tech.) 池田 和司 (Kazushi Ikeda)
愛知県立大・情報科学 (Aichi Pref. U.) 作村 諭一 (Yuichi Sakumura)

5. 佐藤超関数によるShannon-染谷の標本化定理の拡張とRamanujan の積分公式 -- 41
東京都市大・知識工 (Tokyo City U.) 吉野 邦生 (Kunio Yoshino)

6. サンプリング値の補間による未知関数の近似的再構成 ----- 58
首都大・理工学 (Tokyo Metro. U.) 岡田 正巳 (Masami Okada)

講究録

Kôkyûroku

RIMS Kôkyûroku was started in 1964 as the proceedings of symposia, colloquia and workshops supported by RIMS, the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University. It was the next year of the establishment of RIMS as one of the nationwide Cooperative Research Centers, the preceding system of the current Joint Usage/Research Centers that started in 2010. For half a century since then, about 50 to 60 volumes have been issued each year, and the 1,800th volume was issued in 2012. The volumes of Kôkyûroku from the 1st through the 1,840th, containing enormous 26,808 articles and 317,199 pages, not only deliver the latest research activities in mathematics and mathematical sciences but also constitute valuable and incomparable collections of articles that pass down history of progress of mathematics and mathematical science in Japan.

Articles in Kôkyûroku are available on the websites of RIMS and Kyoto University Research Information Repository. They are very frequently accessed on the internet, with a total of as many as 1,254,383 accesses in 2012.

The authors choose the languages to write articles, and many are written in Japanese, which is one of the characteristics of Kôkyûroku. As a result, Kôkyûroku is regarded as a significant and important literature which allows easy access to the latest specialized knowledge in the large fields of mathematics and mathematical sciences written in native language for Japanese readers, while more and more research papers are being written in English in recent years.

We are deeply grateful to many of those who have participated in cooperative research activities of RIMS and greatly developed Kôkyûroku. We heartily ask for your continuous participation in research activities at RIMS as a Joint Usage Research Center and your warm support and cooperation for the fruitful development of Kôkyûroku.