

数理解析研究所講究録 2001

RIMS 共同研究

ウェーブレット解析と信号処理

京都大学数理解析研究所

2016年7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 2001*

*Wavelet analysis and signal processing*

*November 9~10, 2015*

*edited by Ryuichi Ashino*

*July, 2016*

*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.

2015 RIMS 共同研究 「ウェーブレット解析と信号処理」

研究代表者：芦野 隆一（大阪教育大学）

日時：2015 年 11 月 9 日（月）～ 2015 年 11 月 10 日（火）

会場：京都大学数理解析研究所 110 号室  
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町

## プログラム

11 月 9 日（月）

13:00 – 14:00 田中 雄一（東京農工大学 工学部情報工学科）Yuichi Tanaka

### グラフ信号処理：複雑・大規模なデータの周波数解析

ソーシャルネットワーク・センサネットワーク・神経網等をはじめとする、複雑かつ大規模なデータに対する信号処理手法として、グラフ信号処理が注目されている。本講演では、グラフ信号処理を「伝統的な」信号処理と対比しながら、グラフフーリエ変換、フィルタリング、サンプリング定理等の紹介を行う。また、グラフ信号の雑音除去や半教師付き学習等などの工学的応用にも触れる。

14:15 – 15:15 野村 祐司（兵庫県立大学 物質理学研究科）Yuji Nomura

### グラフ上のラプラシアンとスペクトルについて

グラフ上の離散ラプラシアンの定義や具体例から始めて、ラプラシアンのスペクトルとグラフの幾何構造との関係についての入門的な話をする。さらに、正則グラフ、二部グラフのスペクトルによる特徴付け、染色数と固有値の関係等について紹介し、無限グラフ上のラプラシアンのスペクトルに関する話題にも触れる。

15:45 – 16:45 戸田 浩（豊橋技術科学大学）Hiroshi Toda

### 周波数領域にコンパクトサポートを持つウェーブレットによる信号処理

周波数領域にコンパクトサポートを持つウェーブレットには以下の特徴がある。

- (1) 任意実数ダイレーションを持つウェーブレットや、周波数帯域を自由自在に設定できるウェーブレットによる、正規直交基底の設計が可能である。
- (2) エイリアシングの発生を抑えた、自由度の高い複素型ウェーブレットフレーム（複素数の関数値を持つウェーブレットによるフレーム）の設計が可能である。
- (3) 複素型ウェーブレットフレームにおいて、連続ウェーブレット係数が定義できる。これは様々な信号処理に応用できるほか、(1)の正規直交基底の計算においても重要な働きをする。

以上のウェーブレット変換は様々な信号処理に有用であり、これらを紹介したい。

## 懇親会

11 月 9 日（月）の夕方に、河原町周辺（場所未定）で懇親会を予定しています。予算は 5000 円程度です。参加希望者は 10 月 31 日（土）までに藤田景子（富山大学）さん宛にメールでお知らせ下さい。藤田景子さんのアドレスは、

▷ keiko@sci.u-toyama.ac.jp

11月10日(火)

9:30 - 10:30 園田 翔 (早稲田大学 先進理工学研究所) Sho Sonoda

**深層学習のリッジレット解析にむけた取組み**

深層学習は圧倒的な学習能力を誇る手法として2010年頃から注目を集めている。深層学習で用いる深層ネットワークは、従来の浅いニューラルネットの合成写像とみなせる。浅いニューラルネットは適当な条件のもと  $L_p$  空間で稠密なので、関数近似という観点では深層構造は冗長である。本講演では、ニューラルネットを連続化してリッジレット変換とみなす方法を説明し、浅いネットワークに対する最近の結果を紹介したあと、深層構造への展開を検討する。

10:45 - 11:45 鈴木 俊夫 (筑波大学 数理物質科学研究科) Toshio Suzuki

**$p$ 進数体上のウェーブレット及び高木関数に対するウェーブレット展開**

本講演では2つのテーマについて話す。

- (1) 代数学の数論において、 $p$ 進数体  $\mathbb{Q}_p$  が登場する。これは、有理数体に通常の絶対値とは異なる  $p$ 進ノルムを導入し、完備化した空間である。今回、 $\mathbb{Q}_p$  上でのMRA, ウェーブレットの構成法, 具体例について紹介する。
- (2) 高木関数とは、1903年に発表された、至る所で微分不可能な連続関数である。本講演では、力学系に基づいて一般化された高木関数の微分不可能性についての結果、及びそのウェーブレット展開について話す。

13:15 - 14:15 芦澤 恵太 (舞鶴工業高等専門学校 電気情報工学科) Keita Ashizawa

**ブロック変換に基づく画像非可逆圧縮におけるウェーブレット変換**

高効率な画像圧縮の実現には、信号のもつ相関を利用し、より冗長性の低い信号に変換することが必要である。本講演では、ブロック単位で変換を行うという制約下において、ウェーブレット変換を利用する2つのアプローチについて報告する。

- (1) 係数のブロック間での相関を利用し冗長性をさらに抑える方法
  - (2) DCTと組み合わせた新たな基底系を含む、複数の基底系を予め辞書として用意し、その中で最適なものをブロック毎に選択する方法
- 高精細画像圧縮への応用に向けて、現在の課題についても触れる。

14:30 - 15:30 浅野 晃 (関西大学 総合情報学部) Akira Asano

**マセマティカル・モルフォロジと感性科学・繊維工学分野での応用**

マセマティカル・モルフォロジは、画像処理における図形の操作を「基本図形のはめ込み」にもとづいて定量的に表現する体系として提案されたものである。この体系は集合の演算によって定義され、画像中の「図形のはめ込み」のみならず、完備束での有界な非線形演算の基盤として構成されている。本講演では、マセマティカル・モルフォロジの基本的概念を説明し、さらに講演者らの研究から、テクスチャの認知特性の分析や布地の立体形状の記述への応用を紹介する。(この研究は、名古屋女子大学・浅野(村木)千恵、北海道教育大学・藤本尊子、立命館大学・李亮との共同研究である。)

このRIMS共同研究に関する情報は、

▷ <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~ashino/rims2015/>

をご覧ください。

連絡先：芦野 隆一 (Ryuichi Ashino)

Tel: 072-978-3685

[ashino@cc.osaka-kyoiku.ac.jp](mailto:ashino@cc.osaka-kyoiku.ac.jp)

ウェーブレット解析と信号処理  
Wavelet analysis and signal processing  
RIMS 共同研究報告集

2015年11月9日～11月10日  
研究代表者 芦野 隆一 (Ryuichi Ashino)

目 次

1. グラフ信号処理：複雑・大規模なデータの周波数解析 ----- 1  
東京農工大学・生物システム応用科学府 (Tokyo U. Agri. Tech.)  
田中 雄一 (Yuichi Tanaka)
2. グラフ上のラプラシアンとスペクトルについて ----- 20  
兵庫県立大・物質理学 (U. Hyogo) 野村 祐司 (Yuji Nomura)
3. Outline of orthonormal basis of wavelets having customizable frequency bands  
and wide range of wavelet shapes ----- 32  
豊橋技術科学大 (Toyohashi U. Tech.) 戸田 浩 (Hiroshi Toda)  
" Zhong Zhang
4. 深層学習のリッジレット解析にむけた取組み ----- 64  
早大・先進理工学 (Waseda U.) 園田 翔 (Sho Sonoda)  
村田 昇 (Noboru Murata)
5. 一般化された高木関数とそのウェーブレット展開について ----- 74  
松江高専 (NIT, Matsue Coll.) 福田 尚広 (Naohiro Fukuda)  
筑波大・数理物質科学 (U. Tsukuba) 木下 保 (Tamotu Kinoshita)  
" 鈴木 俊夫 (Toshio Suzuki)
6. ブロック変換に基づく画像非可逆圧縮におけるウェーブレット変換 ----- 83  
舞鶴高専 (NIT, Maizuru Coll.) 芦澤 恵太 (Keita Ashizawa)  
名城大・都市情報学 (Meijo U.) 原田 卓弥 (Takuya Harada)  
名城大・都市情報 (Meijo U.) 山谷 克 (Katsu Yamatani)
7. マセマティカル・モルフォロジと感性科学・繊維工学分野での応用 ----- 95  
関西大学・総合情報 (Kansai U.) 浅野 晃 (Akira Asano)  
名古屋女子大・家政 (Nagoya Women's U.) 浅野 (村木) 千恵  
(Chie Muraki Asano)  
北海道教育大 (Hokkaido U. Edu.) 藤本 尊子 (Takako Fujimoto)  
立命館大・情報理工 (Ritsumeikan U.) 李 亮 (Liang Li)