

Title	Super-Resolution and Dynamic Range Enhancement in Fourier Transform Spectrometry
Author(s)	南, 慶一郎
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38755
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	南 けい 一 郎 <small>みなみ けい いち ろう</small>
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 9 3 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 9 月 21 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Super-Resolution and Dynamic Range Enhancement in Fourier Transform Spectrometry (フーリエ変換分光法における超分解能とダイナミックレンジ向上法に 関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 樹 下 行 三 教 授 一 岡 芳 樹 教 授 後 藤 誠 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、フーリエ変換分光法において分光器によって制限されているスペクトル分解能とダイナミックレンジの限界を超えた光スペクトル測定を実現することを目的として、スペクトル分解能とダイナミックレンジの向上法に関する研究を行った結果についてまとめたものである。

第 1 章では、フーリエ変換分光法の測定原理と、実際の分光器におけるスペクトル分解能とダイナミックレンジの限界について述べ、本論文の目的を明らかにしている。

第 2 章では、分光器によって制限されたスペクトル分解能の限界を超える手法（ここでは、超分解能法という）をフーリエ変換分光法へ応用することを提案している。本論文では、自己回帰モデルを用いた超分解能法を考案し、その一方法である最大エントロピー法を実際の分光データに応用し、その際の問題点を指摘している。

第 3 章では、最大エントロピー法の応用上の問題点を解決するため、インターフェログラムを自己回帰モデルにあてはめる際に、一般化逆行列を用いた最小二乗法を導入している。この超分解能法によって、従来よりも 8 倍もの高い分解能が得られることを赤外吸収スペクトルの実験によって示している。

第 4 章では、定量分析を目的とした自己回帰モデルに基づく超分解能法について述べている。プロニ法を改良し、従来必要であった先見情報を必要とせず、超分解能スペクトルの再構成を可能にしている。また、雑音による影響を検討し、その低減方法を示している。

第 5 章では、干渉計で測定されるインターフェログラムが、低ビットあるいは狭レンジの A/D 変換器で量子化された時、そのデータからフルレンジのデータを回復する手法について述べている。

第 6 章では、インターフェログラムの振幅の零交差位置のみから、光スペクトルを再構成するフーリエ変換分光法の応用について述べている。

第 7 章では、デルタシグマ変調法の応用について述べている。実際の赤外フーリエ変換分光器にデルタシグマ変調器を組み込み、吸収スペクトルの測定を行った結果を示し、本方法の実用性を示している。また、通常の A/D 変換法を超えるダイナミックレンジが得られることを示している。

第8章では、以上の内容のまとめ、本研究の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

フーリエ変換分光分析の分野では、試料の微細なスペクトル構造を観察するために高分解能でかつ高精度のスペクトル測定が望まれているが、そのスペクトル分解能は2光束干渉計で得られる最大光路長差によって、また、そのダイナミックレンジはA/D変換器のビット数によって制限されている。本論文は、フーリエ変換分光器を構成する2光束干渉計とA/D変換器によって制限されるスペクトル分解能とダイナミックレンジを向上させる方法に関する研究を行った結果をまとめたものである。その主な成果を要約すると次のとおりである。

- (1) 吸収および発光分光測定において、フーリエ変換分光器で測定されるインターフェログラムが、自己回帰過程によって表現できることを示し、インターフェログラムを自己回帰モデルにあてはめることにより、分光装置がもつ測定限界を超えたスペクトル分解能が得られることを提唱している。また、自己回帰モデルに基づく超分解能法を実際の発光及び吸収フーリエ分光データに応用し、超分解能が得られることを確認している。
- (2) 自己回帰モデルを用いた超分解能法を適用する際に現れる問題点を解決するために、モデルの次数設定の柔軟化と雑音に対するロバスト化をはかり、さらに定量分析への適用を目的とした方法を開発している。また、可視発光スペクトル及び赤外吸収スペクトルのデータに本手法を適用し、その有効性および実用性を確認している。
- (3) 低ビットあるいは狭レンジのA/D変換器で量子化されたとしても、そのサンプリングレートがナイキストレートより高ければ、正しいインターフェログラムが回復可能であることを示し、量子化データが持つ物理的特性を拘束条件として利用する回復アルゴリズムを開発している。
- (4) インターフェログラムの振幅の零交差位置のみを測定し、その情報からスペクトルを回復する新しい量子化法をフーリエ変換分光法に応用することを提案し、零交差位置の測定精度を高く取ることにより、従来のA/D変換器に見られるようなダイナミックレンジの制限を受けないことを示している。そして、本手法を赤外フーリエ変換分光器へ応用し、その有用性を検討すると共に、実用上の限界について議論している。
- (5) 1ビット量子化法として最近注目されているデルタシグマ変調法のフーリエ変換分光法への応用を提案し、通常のA/D変換器を超えるダイナミックレンジが現実的なサンプリングレートで得られることを示している。この手法を実際の分光器上で測定された吸収スペクトルに適用し、その有効性を実証している。

以上のように、本論文は、フーリエ変換分光法において高分解能でかつ高精度のスペクトル測定を行うことを目的に、スペクトル分解能とダイナミックレンジとの向上法に関する研究をまとめたものであり、応用物理学、特に分光学および計測工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。