

| 論文審査・試験の結果の要旨及び担当者  |  |
|---|--|
| 学位申請者氏名   | 山岡 洗瑛  |
| 論文題名  | High-Resolution Multichannel Signal Enhancement and Time Delay Estimation by Optimization With Reduction to Determined Systems<br>(最適化問題の決定条件への還元による高解像度多チャネル信号強調と時間差推定) |
| 論文審査担当者<br>(論文審査委員)   | (所属機関名・部署名・役職) (氏名) (印)  |
|   | 主査 東京都立大学大学院<br>システムデザイン研究科 教授 小野 順貴 (印)   |
|   | 委員 東京都立大学大学院<br>システムデザイン研究科 教授 會田 雅樹   |
|   | 委員 東京都立大学大学院<br>システムデザイン研究科 教授 松田 崇弘   |
|   | 委員 早稲田大学理工学術院大学院<br>情報生産システム研究科 教授 牧野 昭二   |
| 公聴会実施日：2024年2月2日  |  |
| 審査会実施日：2023年12月9日，2024年1月26日  |  |
| (論文審査の要旨)   |  |
| <p>マイクロホンアレイ信号処理は，複数のマイクロホンで得られた音響信号に含まれる音の空間的な情報に基づき，音の到来方向を推定したり，特定方向から到来する信号を強調したりする技術であり，遠隔会議システム，補聴器，音声認識など，様々な応用に用いられている。マイクロホンアレイ信号処理の基本的な問題として，音源強調と時間差推定があげられる。これらは最適化問題として定式化できるが，観測量と未知数の数が一致しない場合が多く，解が不定になる，外れ値の影響を受けやすいなどの問題があった。これに対し本論文では，観測量と未知数の数が一致しない条件における最適化問題を，決定条件に還元して解くという統一的なアプローチを提案している。本論文前半では，劣決定系における新たな無歪み音源強調手法を導出している。基本的な多チャネル音源強調手法であるビームフォーマは，マイクロホン数が音源数より少ない劣決定系において，その性能が低下することが知られている。本論文では，空間フィルタに切り替え機構を導入し，個々の空間フィルタが対象とする時間周波数領域を制限することで，問題を複数の決定系における最適化問題に還元し，複数の空間フィルタを同時設計する。これらを組み合わせることにより，マイクロホンの数を超える空間的な死角を形成し，目的音源を無歪みに保ったまま，高い雑音抑圧性能を実現している。</p> |  |

さらに、非線形補間により観測信号の数を仮想的に増やす手法も提案している。

本論文後半では、時間差推定に関する新たな理論とアルゴリズムを提案している。3個以上のマイクロホンが利用可能な場合、任意のマイクロホンに対して求められる時間差観測値の数は、本質的な時間差の自由度より大きくなり、時間差推定は優決定問題となる。本論文では、複数の観測時間差が満たすべき性質を一貫性として定義し、これに基づき必要最小限かつ最良の時間差観測値を選択することによって決定系の問題へ還元し、外れ値に頑健な時間差推定アルゴリズムを提案している。この選択は、グラフの最小全域木を求める問題として定式化されている。さらに、離散領域での観測信号から、連続値をとる時間差を高精度に推定するため、補助関数法に基づき最尤推定を効率的に解く反復アルゴリズムを導出し、理論限界を達成することを示している。またオンライン推定などの拡張や応用も示している。

以上のように本論文は、マイクロホンアレイ信号処理において、観測量と未知数の数が一致しない条件での最適化問題を、決定条件に還元して取り扱うというアプローチに基づき、新たな音源強調、時間差推定手法を示したものである。劣決定条件の問題に対しては観測範囲の制限による未知数の削減や観測量の疑似的な増加、優決定条件の問題に対しては良い観測量の選択による次元削減という具体的な方法論も示されている。これらは他の音響信号処理への応用も期待され、情報科学分野において重要な意義があると考えられる。よって本論文は、博士（情報科学）の学位を授与するに十分な価値があると認められる。

#### （最終試験又は試験の結果）

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上（対面とオンラインのハイブリッド）で論文発表を行い、学内外から多数の出席者を得て質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に判断した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。