

補助事業番号 2024M-446

補助事業名 2024年度 情報圧縮技術を応用した無線脳波計測システム実現に重要な
ランダムサンプリング集積回路開発補助事業

補助事業者名 大阪大学 准教授 兼本大輔

1 研究の概要

研究代表者は、ランダムサンプリングをハードウェアで実現し、回路で取り扱う情報量を抑制することによって無線脳波計測デバイスの省電力化を図る手法の開拓に挑戦している。圧縮センシングを適用したセンシングシステムでは、通常のサンプリングとは異なる回路動作が要求されるため、新たな回路設計手法の開発が不可欠である。そこで本事業では、圧縮センシングを活用した無線脳波計測システムの重要な回路ブロックの一つである、ランダムサンプリング集積回路に関する基礎研究を行った。

2 研究の目的と背景

脳波を負担なく簡単に計測できる環境が整えば、脳波を利用した新たなアプリケーションの展開が促進され、社会的にも大きな価値を生み出すことが期待される。その実現には、脳波計測デバイスの小型化・軽量化と、長時間にわたる安定動作が不可欠であり、省電力化が重要課題となる。研究代表者は、圧縮センシングが有する「回路情報量の削減」という特性に着目し、回路システム全体の省電力化に向けた研究を推進している。本事業では、圧縮センシング技術の重要な回路ブロックの一つであるランダムサンプリング集積回路に関する研究に取り組んだ。

3 研究内容 (http://ssc.eei.eng.osaka-u.ac.jp/~dkanemoto/Sponsors_2.htm)

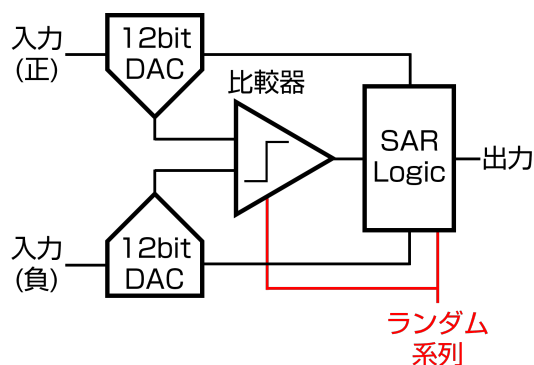


図1：設計した回路のブロック図

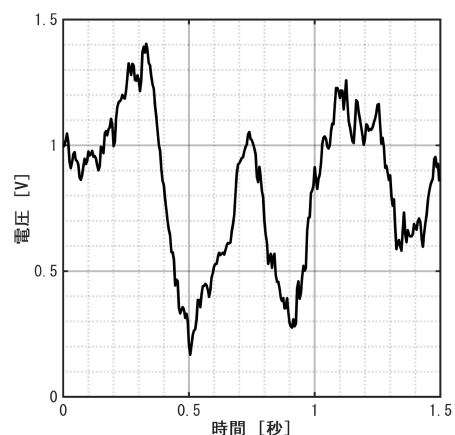


図2：復元波形（6倍圧縮）

図1は、本研究で設計したタイミング制御型SAR ADC (Successive Approximation Register Analog-to-Digital Converter) のブロック図である。内蔵DAC (Digital-to-Analog Converter) は12ビットの分解能を有し、1つの比較器およびSARロジックを備えている。比較器とSARロジックには、外部からランダム系列制御パルスを入力可能な構成とした。図2は、提案回路により脳波信号を6倍に圧縮し、信号処理により復元したシミュレーション結果を示している。本研究により、サンプリング回数とデータ量を1/6に抑えながらも、波形圧縮・復元処理の一連の流れを確認することができた。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業において得られた成果は、無線脳波計の省電力化に直接的に貢献し得るものであり、今後の応用展開において重要な基盤成果の一つとなる。特に、無線脳波計のエネルギー効率を向上させることは、計測デバイスの小型化、軽量化、長時間動作といったユーザビリティ向上に直結し、脳波計測の社会実装を大きく後押しする要素である。将来的には、ヘルスケア、メンタルヘルス管理、ブレイン・コンピュータ・インタフェース(BCI)など、多岐にわたる分野において、脳波データを活用した新たなサービス創出を支える重要な技術的要素となることが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、これまで多様な回路システムにおける省電力化技術の研究開発に継続的に取り組んできた。特に近年は、圧縮センシングをはじめとする新たな信号処理手法を積極的にセンシングシステムへ応用し、従来手法では達成が難しかった省電力化の実現を目指している。今回実施した研究は、圧縮センシングに対応した回路設計技術の開発に位置づけられ、省電力と高精度なセンシングの両立を可能とする新たなアプローチを提案するものである。本研究によって得られた成果は、圧縮センシングを中核とした計測システムの応用可能性を大きく広げ、今後の超省電力センシング技術の発展に寄与するものと考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① T. Yamamoto, **D. Kanemoto**, and T. Hirose, "Noise-Masking Cryptosystem Using Watermark and Chain Generation for EEG Measurement with Compressed Sensing," in *Proc. IEEE Int. Conf. Consum. Electron. (ICCE)*, Jan. 2025, pp.1-6.
- ② **兼本**, 瀧本, 廣瀬, "圧縮センシングにおける信号類似性の活用 ～ 省電力無線脳波計測回路システム実現に向けた取り組み ～," *信学技報(デザインガイア2024)*, vol. 124, no. 247, VLD2024-42, pp. 89-94, 2024年11月
- ③ 松本, **兼本**, 奥村, 松原, 廣瀬, "圧縮センシングを活用した無線脳波計測システムにおけるランダムアンダーサンプリング型SARADCの開発," *信学技報(デザインガイア2024)*,

vol. 124, no.247, VLD2024-44, pp.100-104, 2024年11月.

- ④ 山本, 兼本, 津永, 廣瀬, "圧縮センシングと連鎖生成雑音マスキングを活用したセキュリティシステムにおける設計手法の検証," *信学技報(デザインガイア2024)*, vol.124, no. 247, VLD2024-49, pp.126-130, 2024年11月.
- ⑤ 兼本, "圧縮センシングを活用した省電力センシングシステム ~僅かな温度差で動作するバッテリーレス無線脳波伝送システムの紹介~, " 2025年 第1回長崎大学ヘルステック未来創造研究会【招待講演】

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

なし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 国立大学法人 大阪大学 工学研究科

(コクリツダイガクホウジン オオサカダイガク コウガクケンキュウカ)

住 所: 〒565-0871

大阪府吹田市山田丘2-1 E5-310

担 当 者: 准教授 兼本 大輔(カネモト ダイスケ)

担 当 部 署: 電気電子情報通信工学専攻

(デンキデンシジョウホウツウシンコウガクセンコウ)

E - m a i l: dkanemoto@eei.eng.osaka-u.ac.jp

U R L: <http://ssc.eei.eng.osaka-u.ac.jp>