

宇宙線から電子機器を守る！ ～量子ビームを利用した ソフトエラー対策～

石黒 凱人

北海道大学 大学院 工学院
中性子ビーム応用理工学研究室

8 働きがいも
経済成長も



9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



11 住み続けられる
まちづくりを



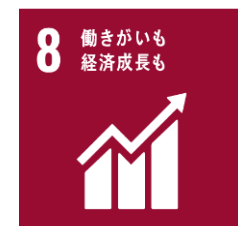
未来社会のあるべきかたち



安心・安全なデジタル社会の実現



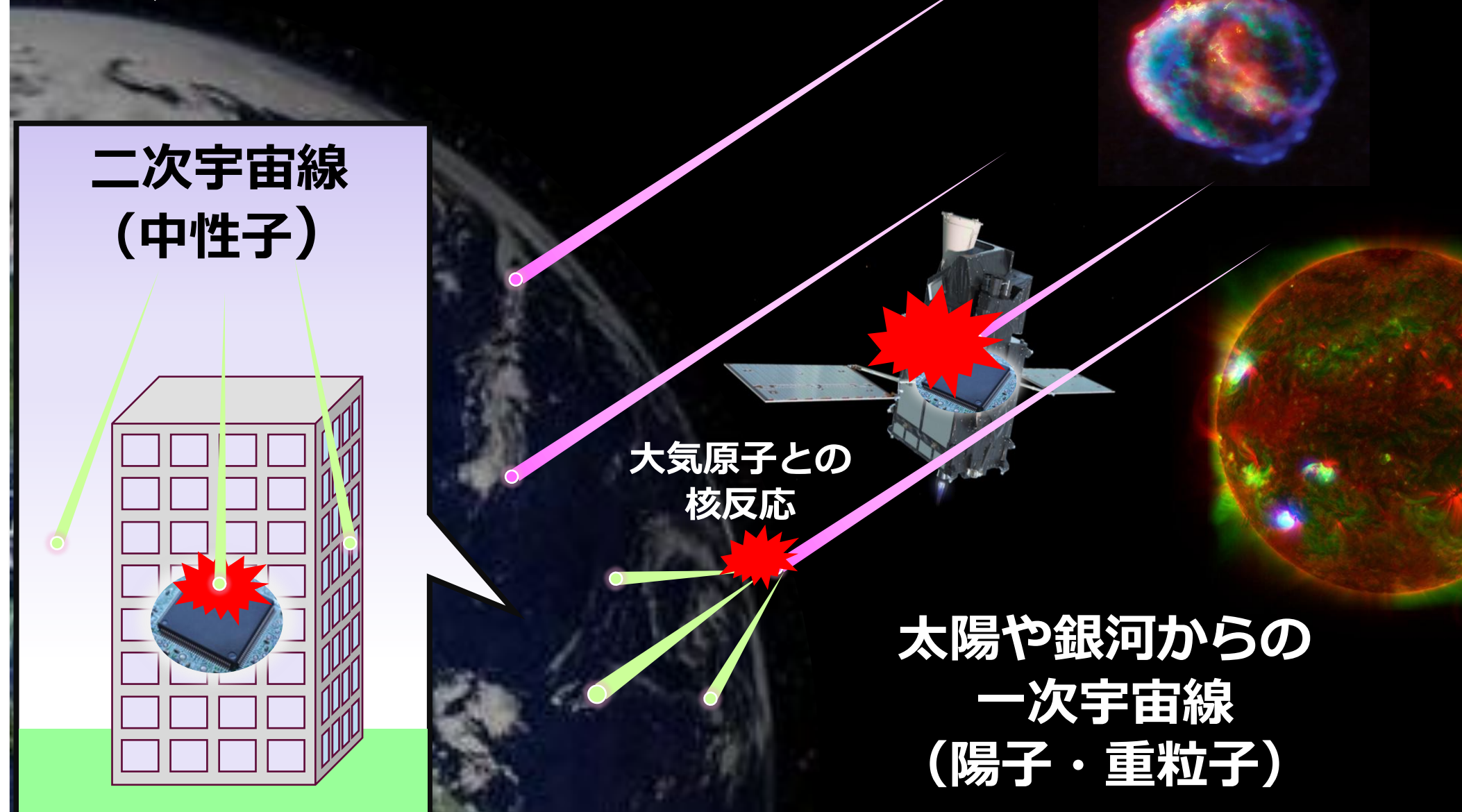
社会インフラの安全性・信頼性の向上



半導体・宇宙産業の発展

宇宙線ソフトエラーとは？

宇宙線が電子機器へ入射することで、
様々な誤作動が発生する現象



代表的な誤作動の種類

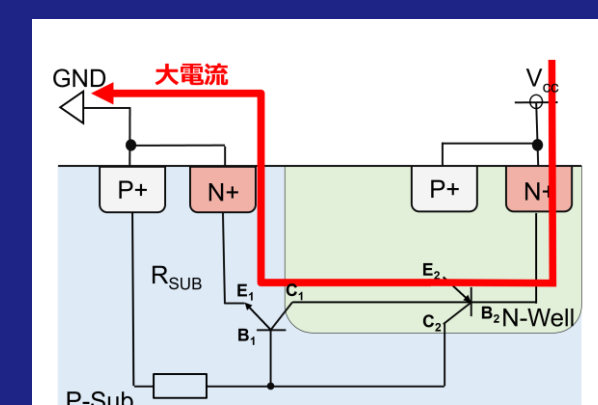
①SEU：最も発生率が高い

0 1 0 1 0 1 0 1

0 1 1 1 0 1 0 1

内部のビット情報が変化

②SEL：自身が取り組む研究



大電流が流れ続ける現象
SEUに比べて発生頻度は極稀

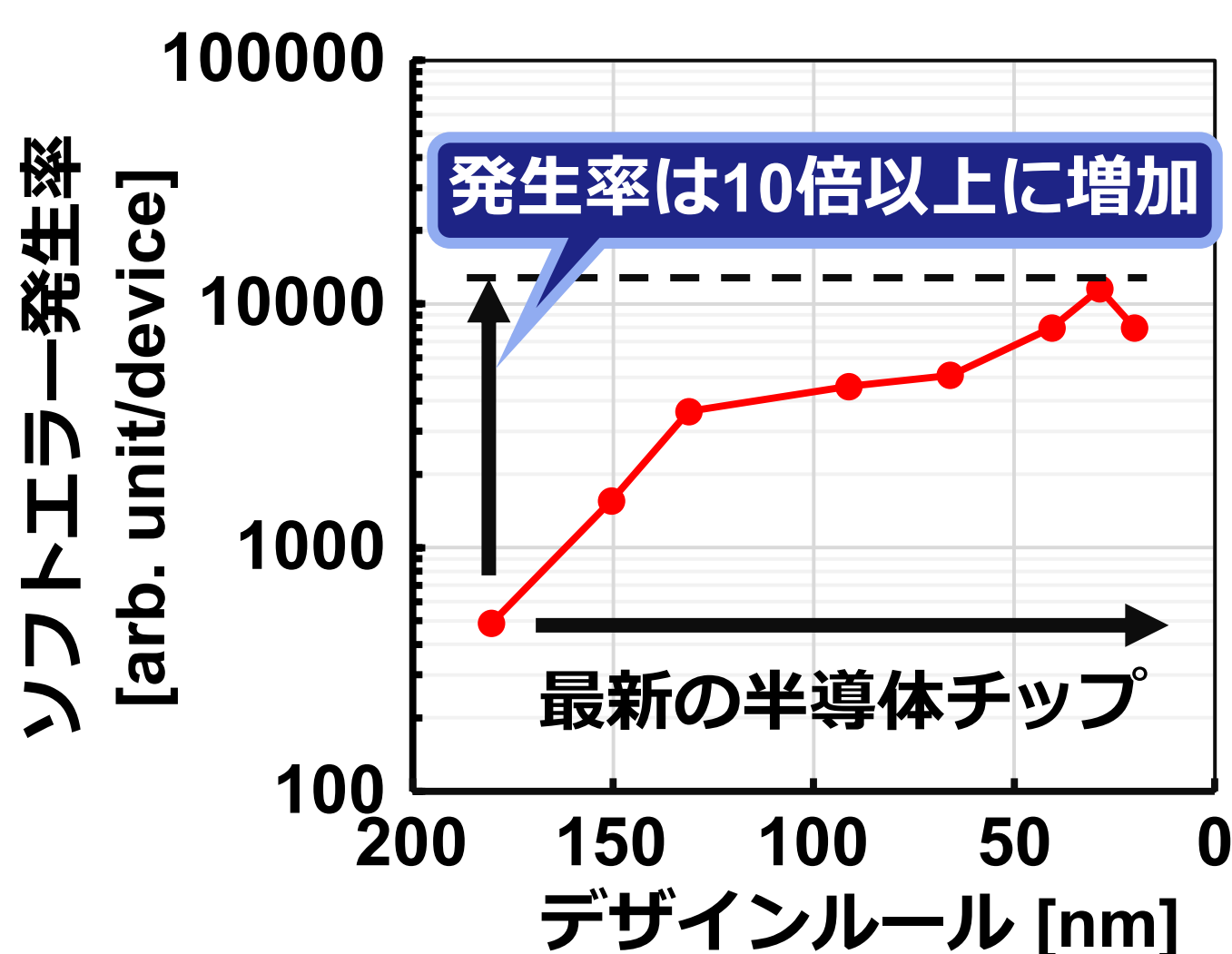
現代社会におけるソフトエラーの脅威

- ✓ 半導体チップの高性能化で、ソフトエラーの発生が増加
- ✓ 近年は、ソフトエラーによる様々な被害が深刻化

近年のソフトエラー被害事例

- ・ 2025/7 テレビ朝日の放送障害
- ・ 2025/10 エアバス320の制御システムの誤作動による急降下で負傷事故
- ・ 2025/11 上記事故に伴う機体改修により、ANAで大規模な欠航が発生

ソフトエラー発生率の推移



量子ビームを利用したソフトエラー発生率の評価

- ✓ 加速器施設で陽子・重粒子・中性子ビームを照射
- ✓ ソフトエラー発生率を測定

加速器駆動パルス中性子源
「HUNS」@北大



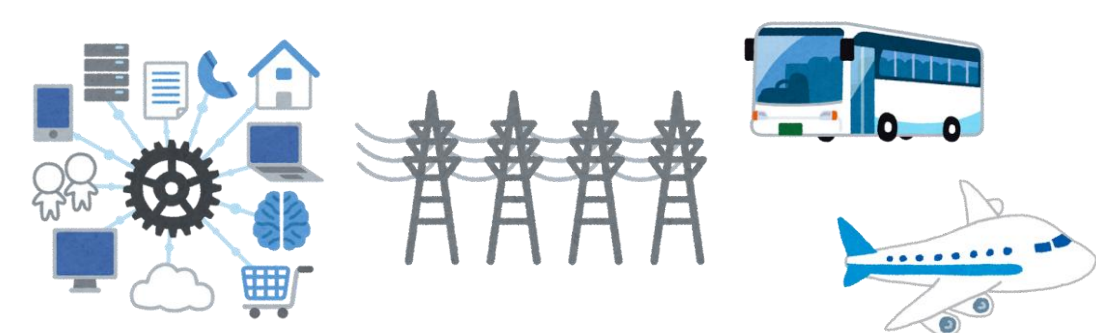
最新の半導体チップで、極稀な事象とされていたSELの発生率の増加を確認。

今後の展望

半導体チップの構造を調べ、ソフトエラーに寄与する構造を解明。
ソフトエラーに強い半導体チップの実現を目指す。

社会へのインパクト

安心・安全な社会インフラの実現へ



デジタル社会の高度化でソフトエラーのリスクが深刻化

- ✓ 社会インフラ（通信・交通等）の信頼性向上

将来の宇宙開発へ



宇宙は放射線が飛び交う、過酷な環境

- ✓ 放射線に強い半導体技術で宇宙開発に貢献
- ✓ 月面基地の建設や火星移住の実現へ！