

第三回QISSシンポジウム

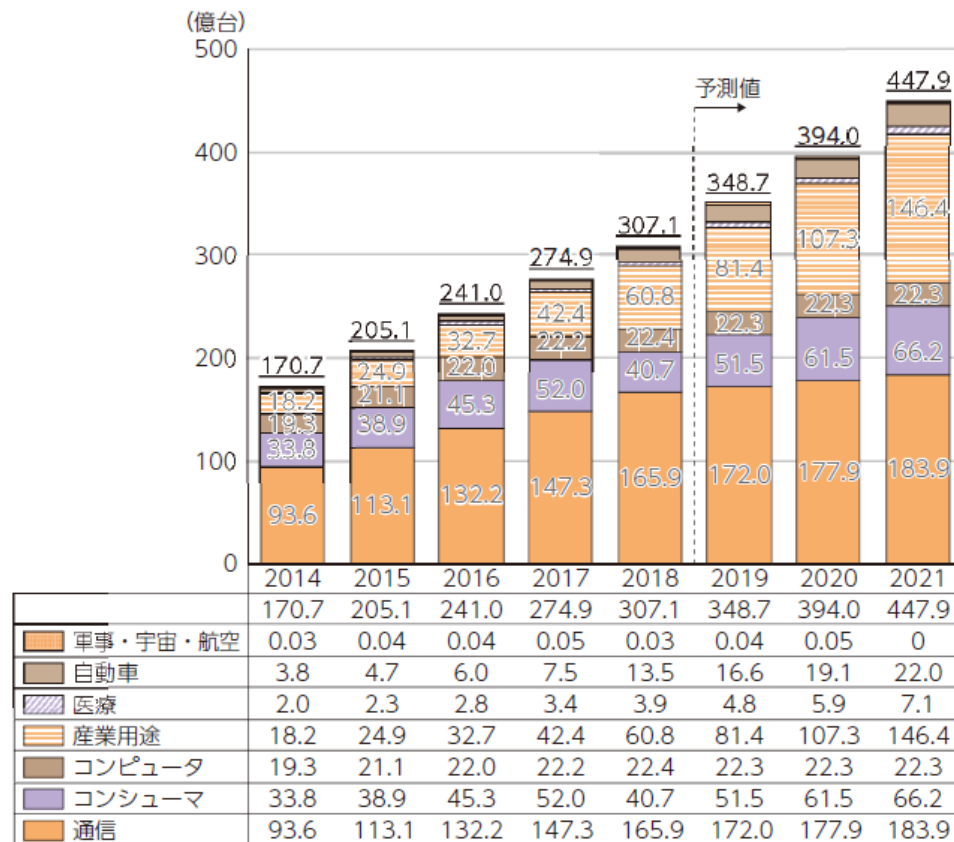
宇宙線によるソフトウェア： 社会的インパクトと評価技術

2019年12月07日
(株)ソシオネクスト 松山 英也

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
2. ソフトエラーとは
3. 原因と特徴
4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)
5. ソフトエラー評価技術
6. 今後に向けて

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化



あらゆるものがネットにつながるIoT社会の到来

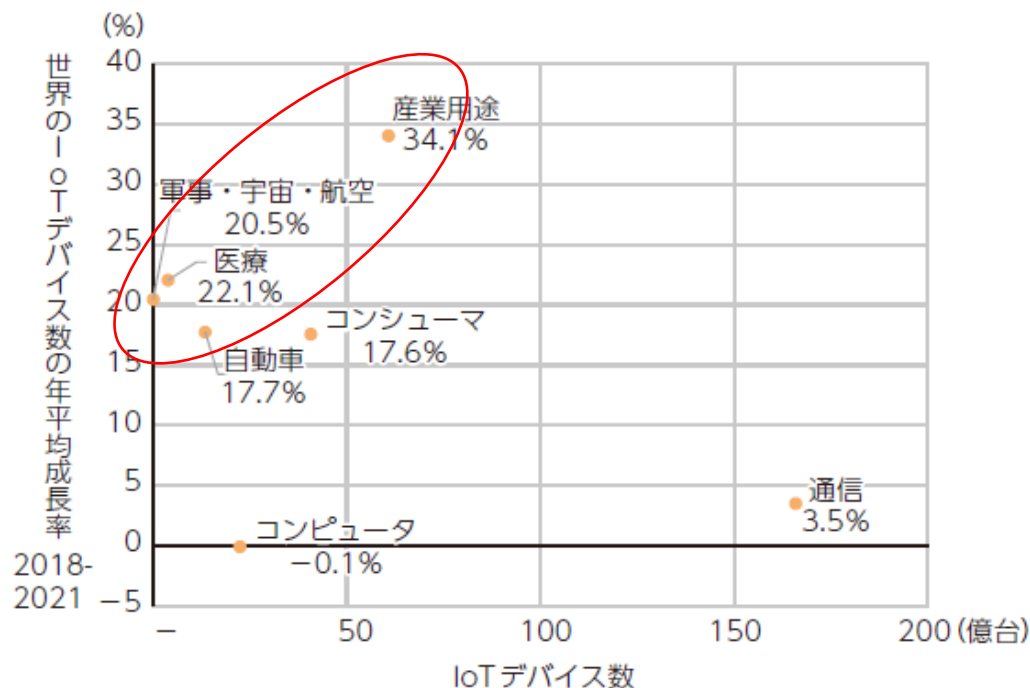
2020年にはネットにつながるデバイス数が約400億個^[1]

2020年前後にあらゆるインフラがセンサーにつながる1兆個のセンサー（トリリオンセンサー）時代の到来を予測する試算もある^[2]

[1] 令和元年版情報通信白書

[2] IoTがもたらす我が国製造業の変容と今後の対応に関する調査研究報告書
一般財団法人 企業活力研究所 平成28年3月

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化



高成長が見込まれる分野

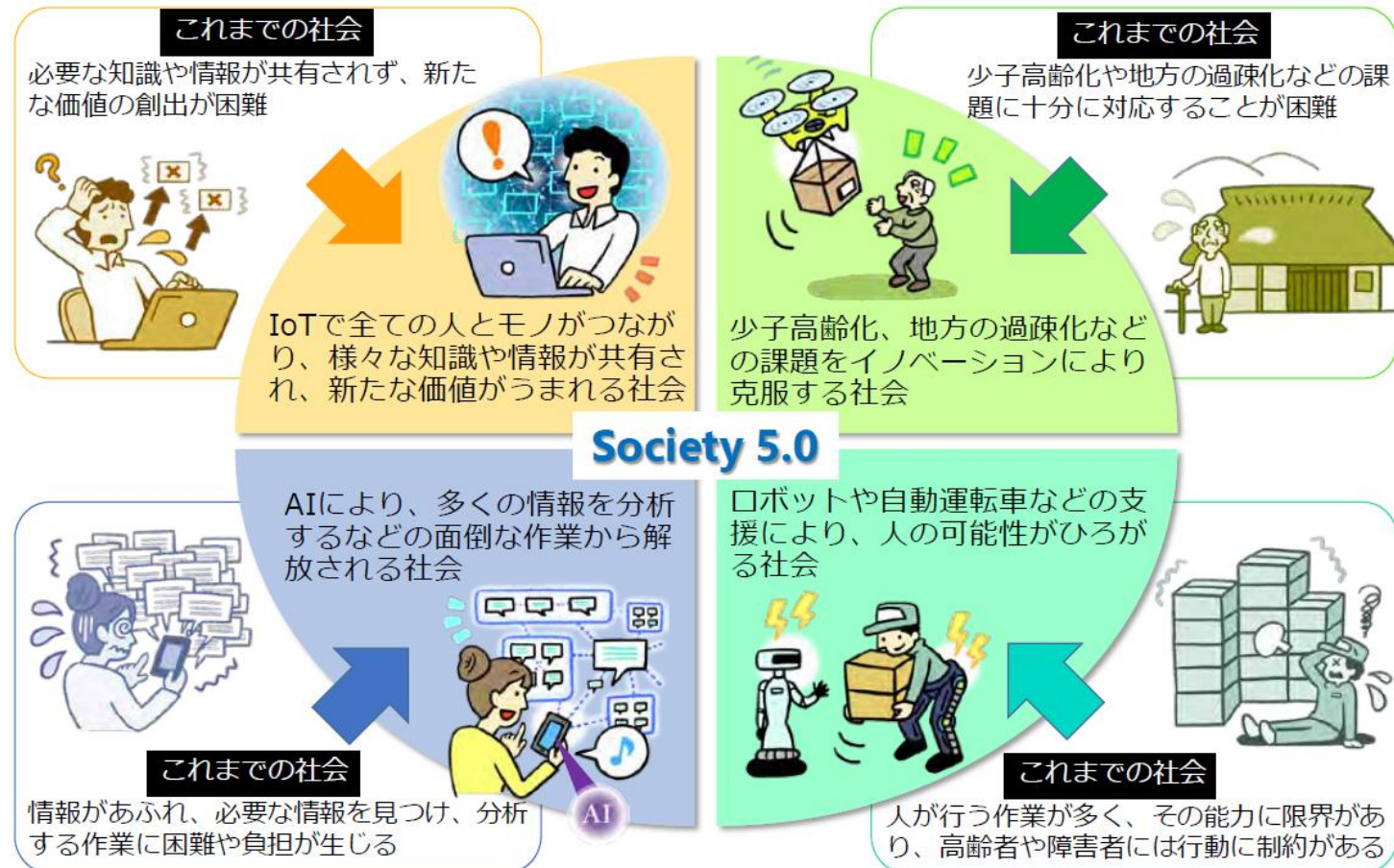
コネクテッドカーの普及によりIoT化の進展が見込まれる「自動車・輸送機器」
デジタルヘルスケアの市場が拡大している「医療」、スマート工場やスマートシティが拡大する「産業用途（工場、インフラ、物流）」などで

[1] 令和元年版情報通信白書

これらはいずれも高信頼性用途である。

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化

Society 5.0で実現する社会

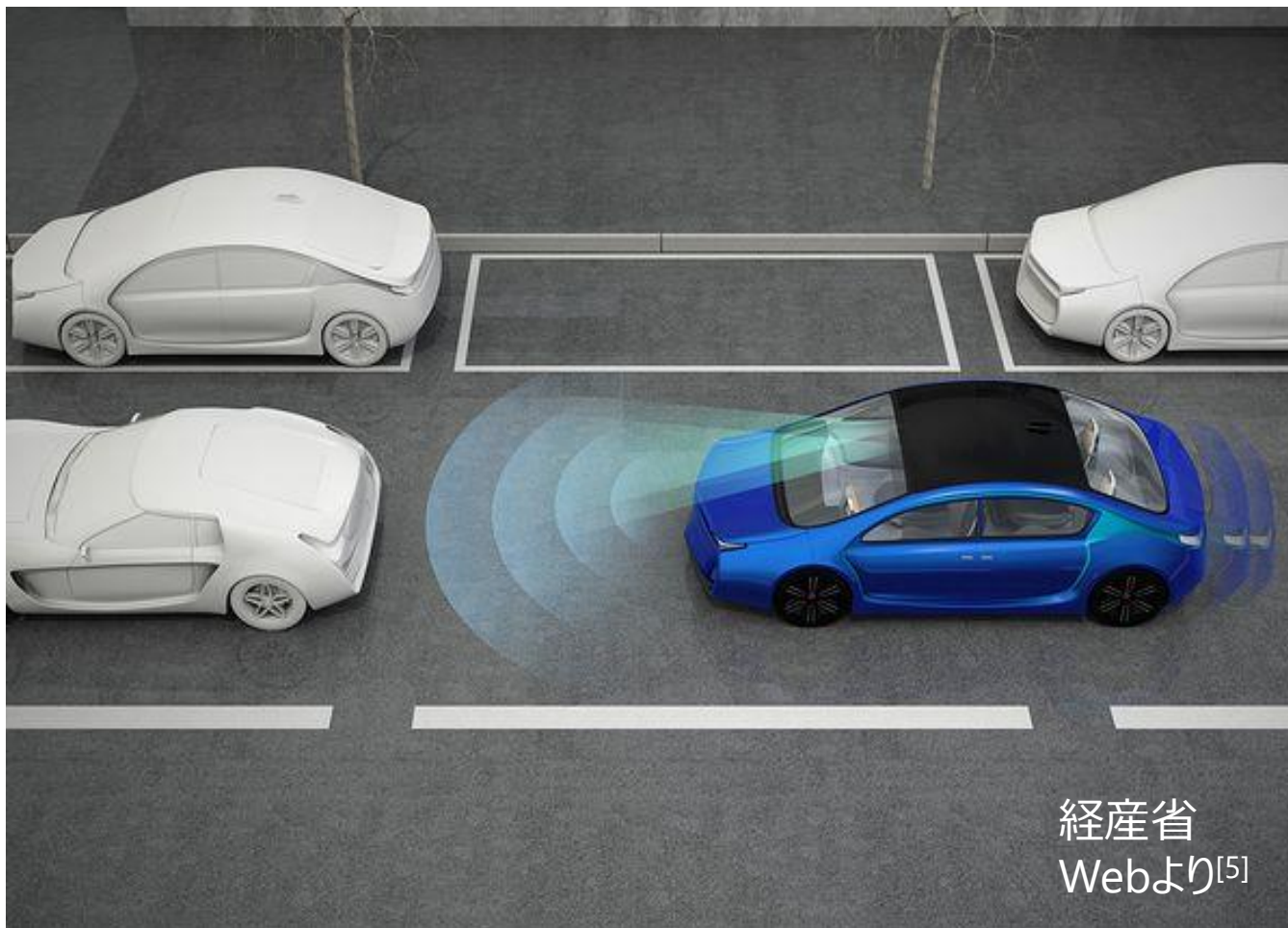


Society5.0

IoTのよるITと密接にかかわる便利な社会に変貌をしようとしている^[1]。

[1] 内閣府 Society 5.0で実現する社会
http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化



自動運転も大変便利

数だけではなく、日本では2030年までに完全自動走行化の計画^[4]。

[4]官民ITS構想・ロードマップ2019 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議 2019年6月7日

[5] 経産省Webより <http://www.meti.go.jp/main/60sec/2017/20170301001.html>

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化

携帯電話や、パソコンで誤動作やロックをして、再起動した経験はないですか？



しかし社会に密接に関わり、便利な反面
命をも電子デバイスにあずける社会
エラーが出たからと言ってRESETが効かない世界！
ソフトエラーが大切なデバイスの信頼性を脅かす。

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化

1.半導体デバイスはその進化とともにその役割、出荷数が急拡大し我々の社会と密接なつながりを持つようになってきた。

2.社会に密接に関わり、便利な反面、命をも電子デバイスにあずける社会になっている。

高信頼性用途のデバイス、アプリケーションの増加。

**3.ソフトエラーが大切なデバイスの信頼性を脅かす。
高信頼性用途のデバイスでは対策が非常に重要である。**

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
- 2. ソフトエラーとは**
3. 原因と特徴
4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)
5. ソフトエラー評価技術
6. 今後に向けて

2. ソフトエラーとは

まずトランジスタについて

ゲートに正電圧が印加された場合

P型の基盤と絶縁層の境界に

電子を引き寄せ反転層（n型）

チャネルを作り上げる事でソース

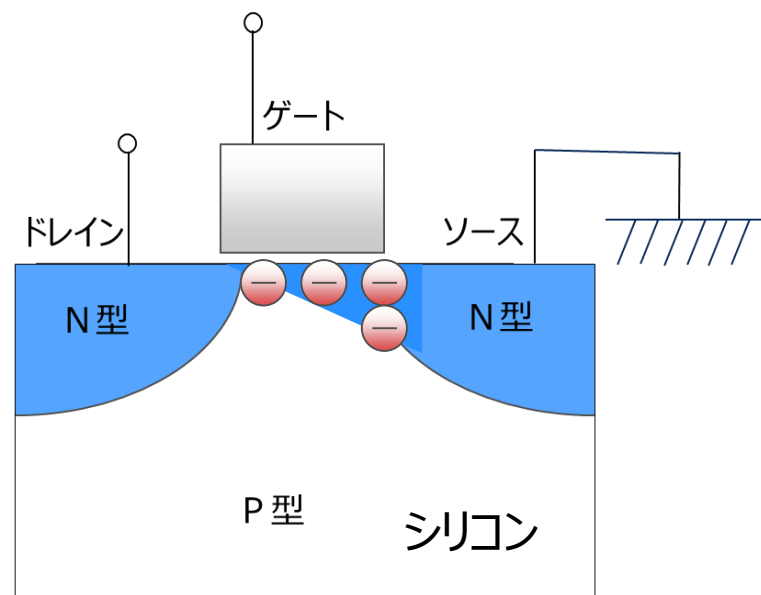
-ドレイン間に**電子を流す。**

（PMOSの場合は正孔）

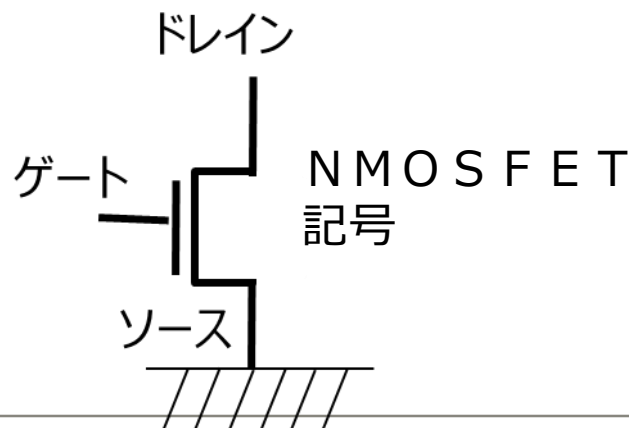
電子（エレクトロン）や正孔（ホール）

の働きで電圧（信号、データ）を

伝えるスイッチの役割を果たす。



NMOSFET
の模式図



2. ソフトエラーとは

まずトランジスタについて

ゲートに正電圧が印加された場合

P型の基盤と絶縁層の境界に

電子を引き寄せ反転層 (n型)

チャネルを作り上げる事でソース

-ドレイン間に**電子を流す。**

(PMOSの場合は正孔)

電子 (エレクトロン) や正孔 (ホール)

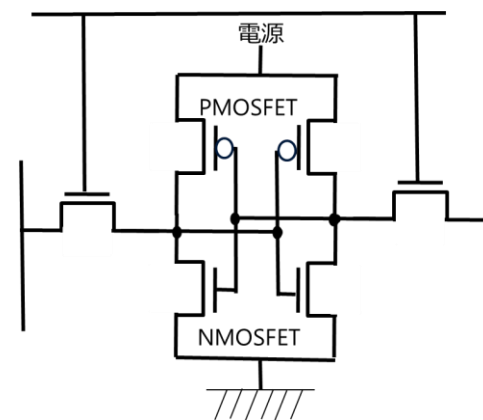
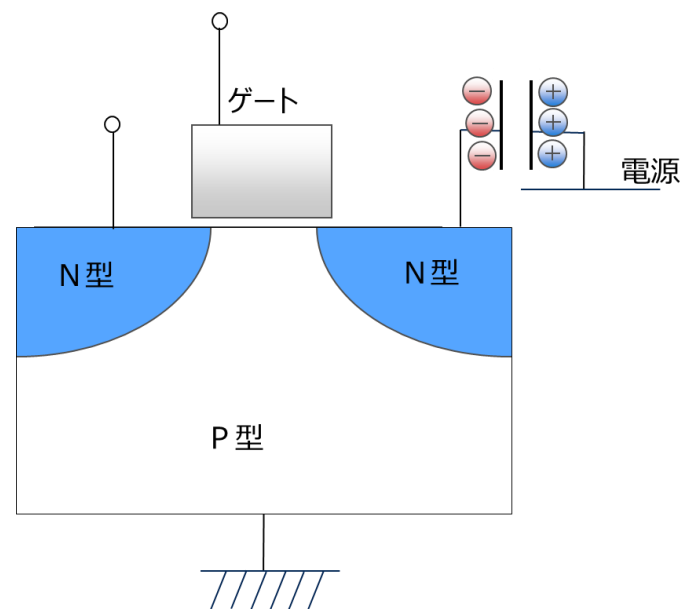
の働きで電圧 (信号、データ) を

伝えるスイッチの役割を果たす。

容量を付加する、

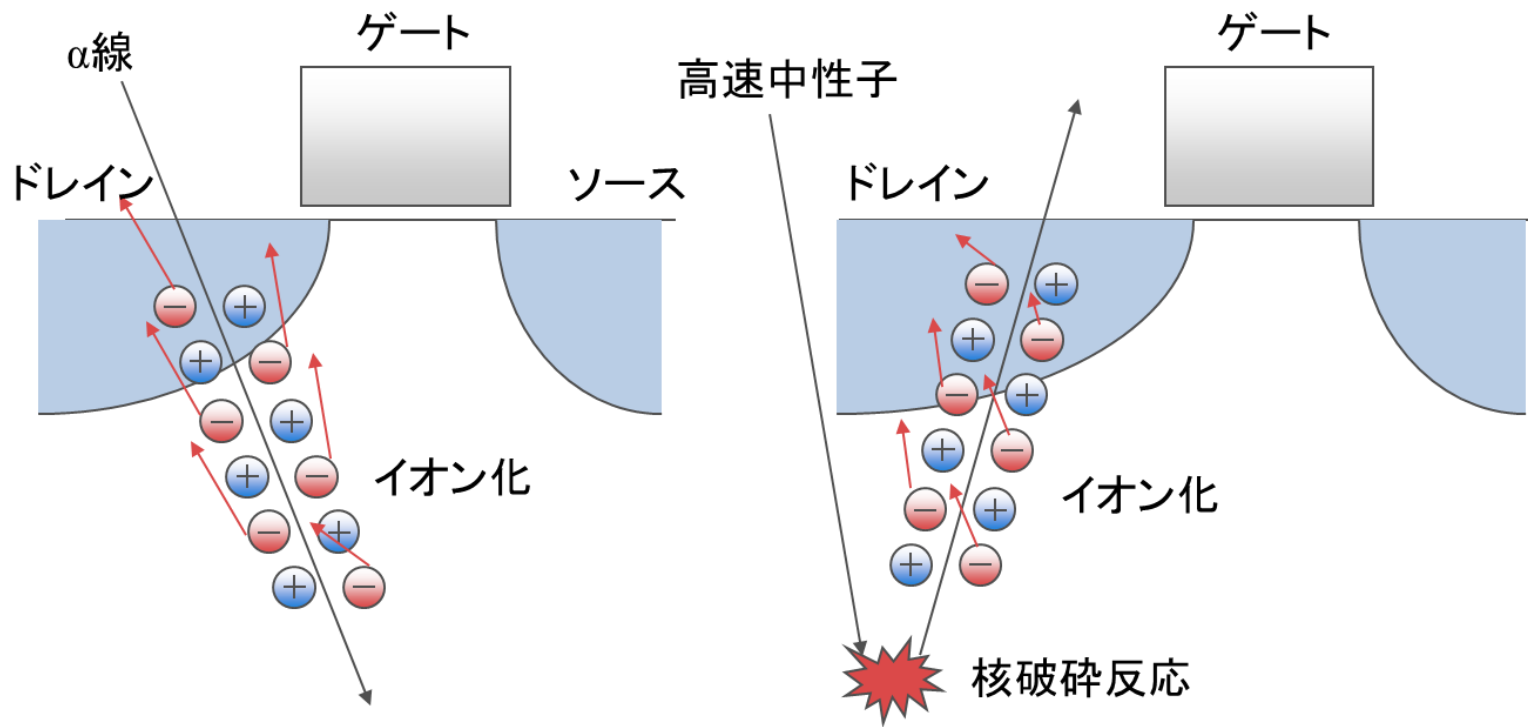
もしくは回路 (Flip Flop)

の形にしてデータ(1or0)を保持できる。



容量を付加or回路にし
てデータを保持できる。

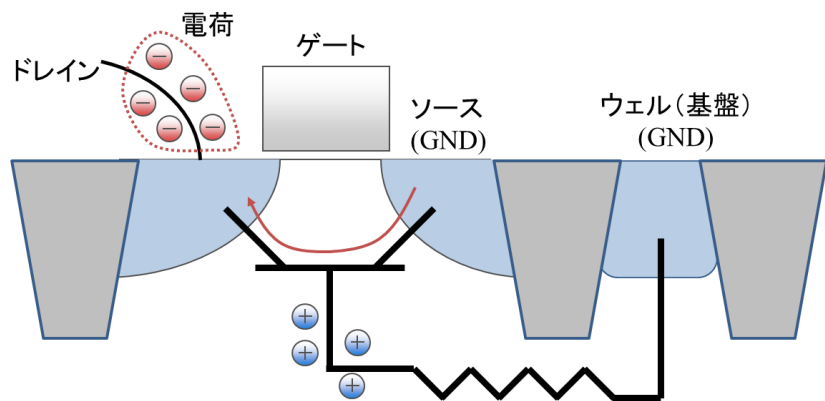
2. ソフトエラーとは



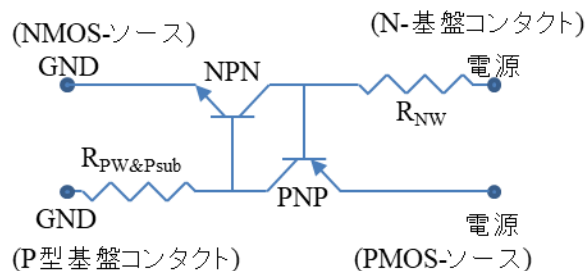
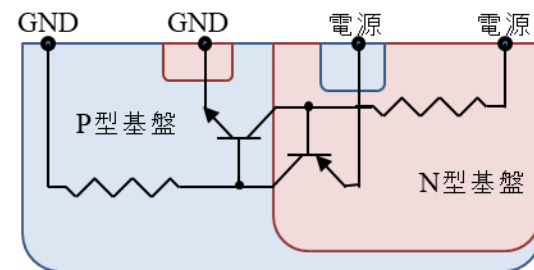
メモリーやCPUなどの電子デバイスのビット（情報）が何の前触れもなく反転してしまう現象。

2. ソフトエラーとは

集積化の影響(寄生バイポーラ効果、ラッチアップ)



寄生バイポーラ効果



SEL(シングルイベント・ラッチアップ)機構

図は Taiki Uemura "A Study on Soft Error Mitigation for Microprocessor in Bulk CMOS Technology" Osaka, Japan Osaka University, 2015, Ph.D.thesis p6 Fig.1.3より引用

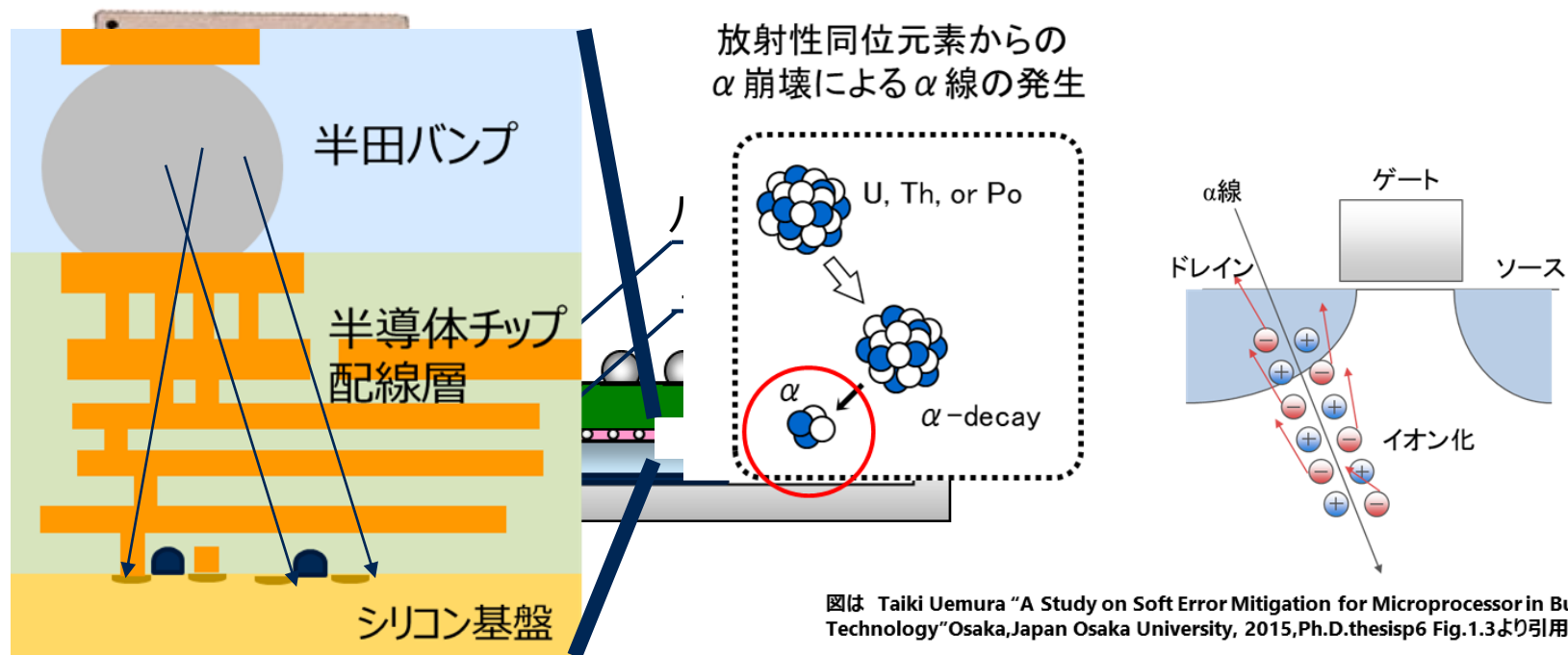
中性子線では寄生バイポーラ効果と呼ばれる故障メカニズムで**複数ビットが発生しやすくなった**。また確率は小さいがラッチアップという大電流が流れてしまう障害も現れるようになった。

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
2. ソフトエラーとは
3. **原因と特徴**
4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)
5. ソフトエラー評価技術
6. 今後に向けて

3. 原因と特徴

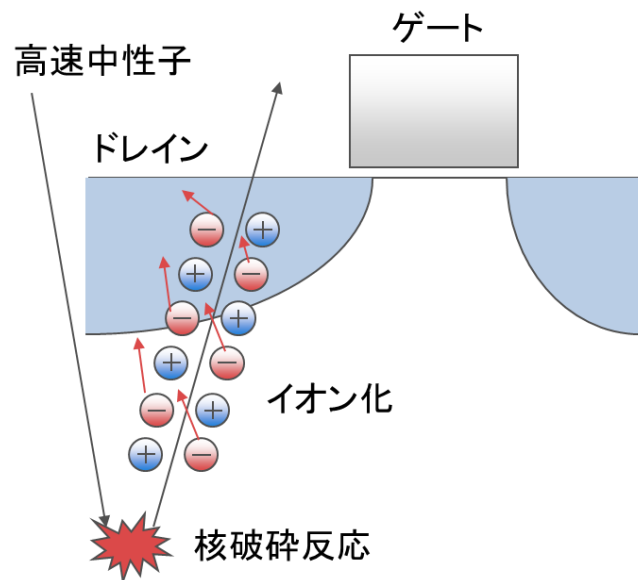
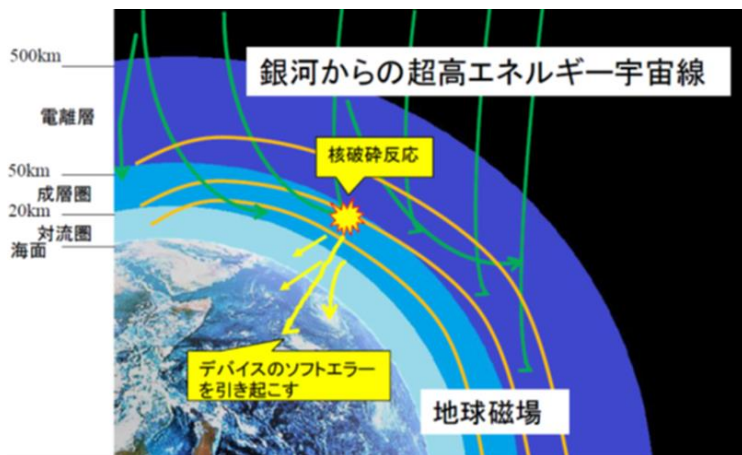
原因1: α 線発生源(材料起因)



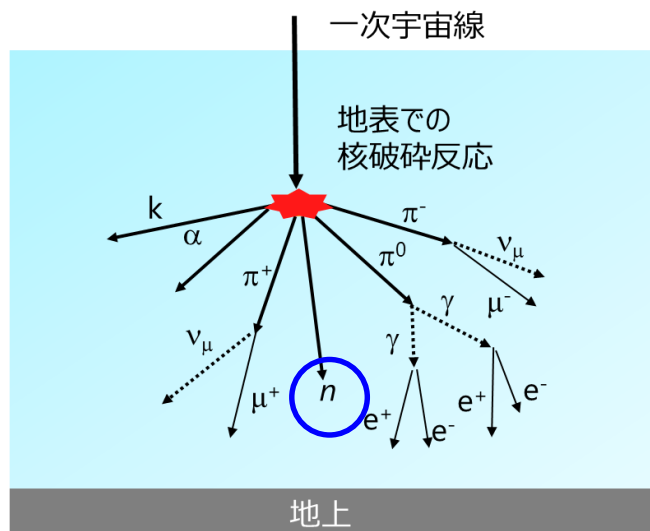
パッケージ材料のモールド樹脂中に含まれる微量のウラン、トリウム、はんだバンプに含まれるポロニウムから α 線発生(材料起因) 中性子線のような高度、緯度などの地理依存はない。

3. 原因と特徴

原因2:中性子線(二次宇宙線)



50Km
成層圏

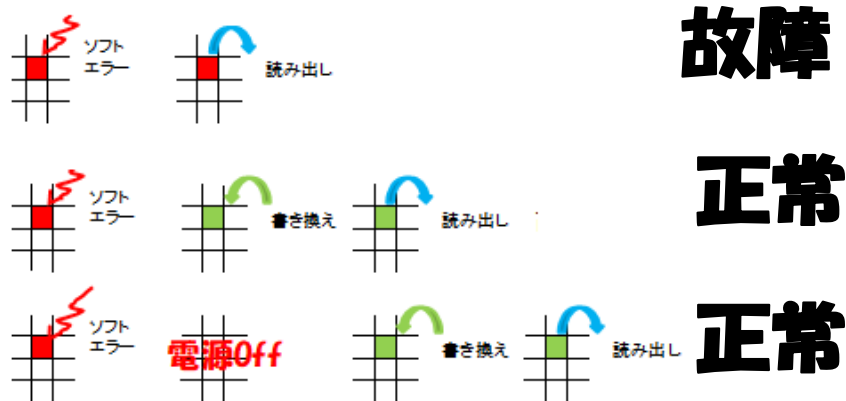


図は Taiki Uemura "A Study on Soft Error Mitigation for Microprocessor in Bulk CMOS Technology" Osaka, Japan Osaka University, 2015, Ph.D. thesis p6 Fig.1.3より引用

地球に降り注ぐ宇宙線(陽子やHe原子核など)が大気中に入射し窒素などの原子と衝突し核破砕反応を起こすことで生じる。高度が高いほど多くなる。

2. ソフトエラーとは

特徴1：電源を入れなおせば正常動作するため再現性がなく故障個所に痕跡が残らない。そのためソフトエラーと呼ばれる。



特徴2：[空間的にランダム]

ソフトエラーの反転ビットは場所的に偏りなくランダムに発生。

3. 原因と特徴

ソフトウェアは再現性がない、痕跡が残らない

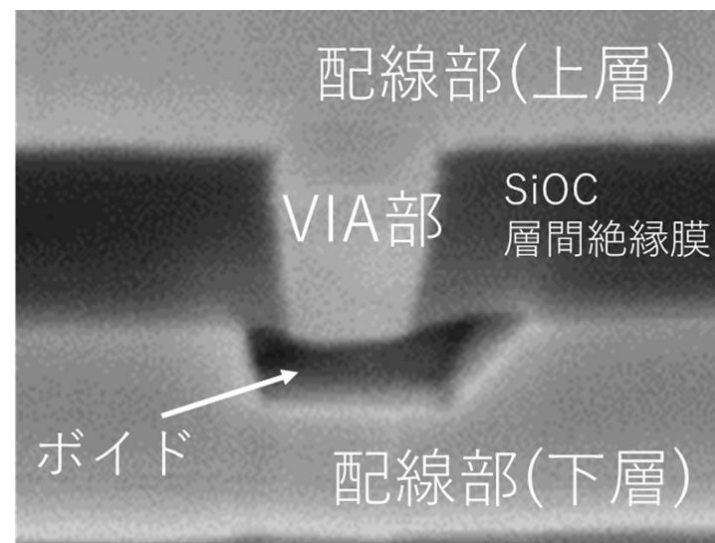
➡ 問題が起きた場合**原因を特定するのが困難**

- ハードエラーの場合

痕跡が**残り**、**再現性がある**ため、
原因を絞り込むことができる。

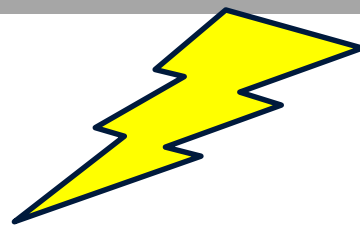


原因さえ明確になれば難題であっても解決方針が立てられマンパワーをそこに集中し解決に結びつけられる。



電子デバイスの配線の障害例
ボイドという空間が発生し
オープン故障に

2. ソフトエラーとは



- ソフトエラーの場合
痕跡が残らない上に
現象的にはノイズの発生。

ノイズの発生要因は電磁ノイズ、静電気、落雷など多くあり
切り分けが難しい。

再現実験で確認するなら

【例】1000FITの場合

デバイス1000ヶを駆動して1000時間(約1.5ヶ月)に1回

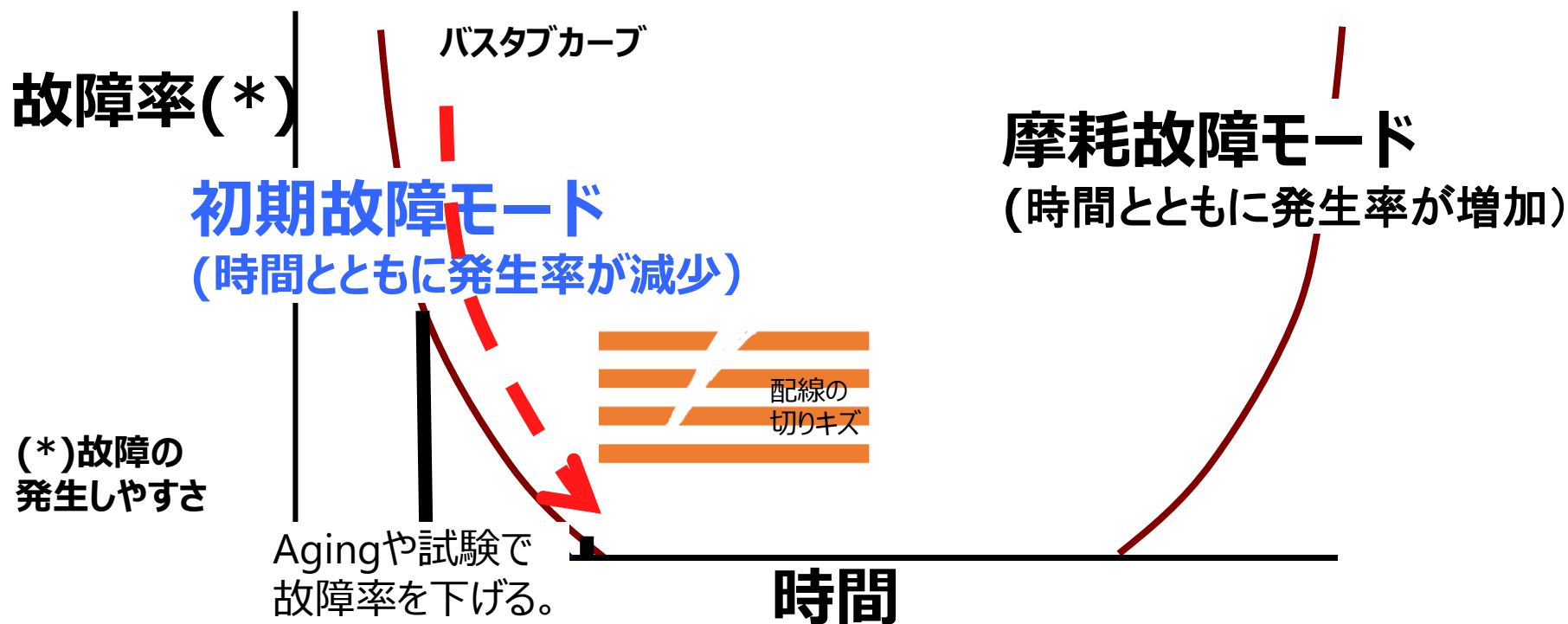
統計的に有意なデータを取るには半年はかかる。

以上の理由より原因を特定するのが困難な現象である。

3. 原因と特徴

特徴3：時間的にもランダムに発生

ハードエラーとの比較：電子デバイスのハードエラー発生の特徴は通常下記のように時間変化する。(形状からバスタブ（浴槽）カーブと言われる。)

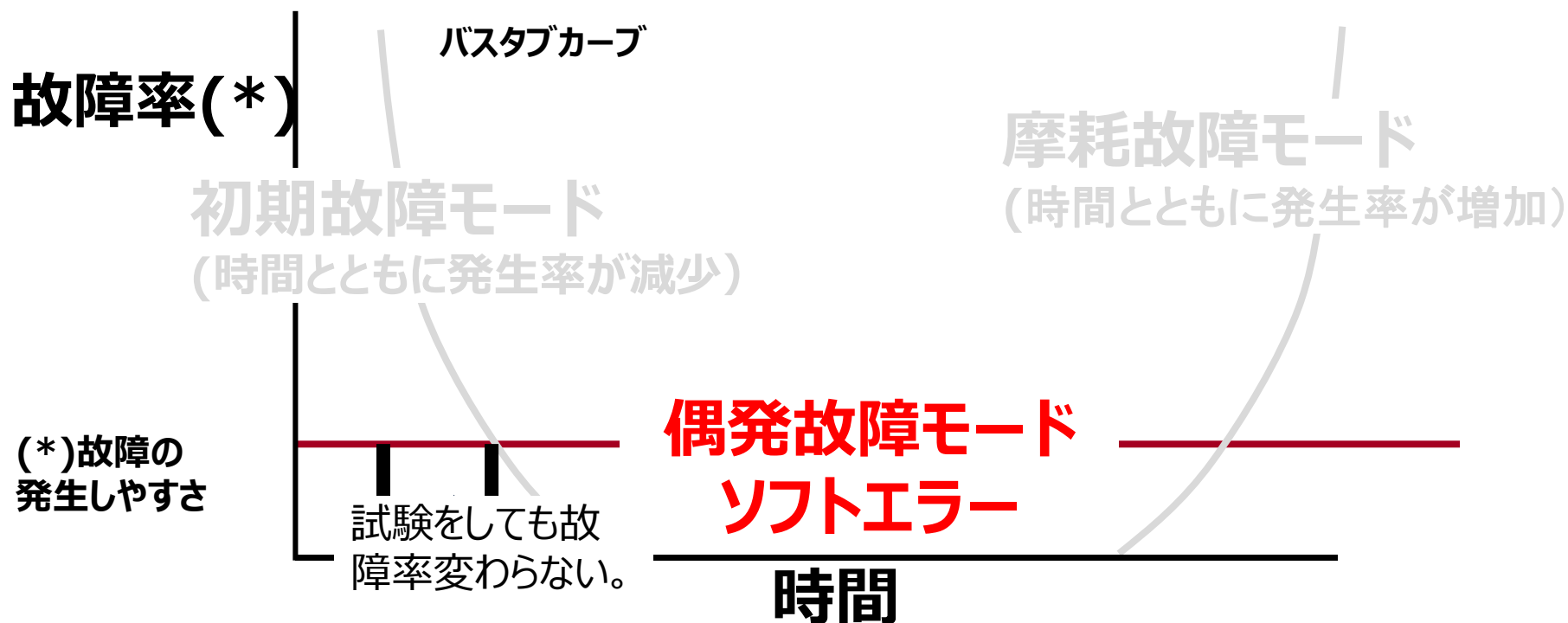


ハードエラーの場合ほとんどが**初期故障モード（時間とともに発生率が低減）** 出荷前の加速試験や試験で発生率を抑え込める。

3. 原因と特徴

特徴2. 時間的にもランダムに発生

ソフトウェアの場合偶発故障モード（原因が外から来る）ため時間的変化なし。



偶発故障のソフトウェアには出荷前試験、デバイスの交換は全く効果なし。事前に評価し十分な対策を行う必要がある。

3. 原因と特徴

1. 原因は放射線(α 線、中性子線)である。
中性子線の影響で複数bitが反転する場合も増加してきている。
2. 電源を切れば元に戻り、再現性が無く、故障発生箇所には何の痕跡も残らない。
3. 空間的にランダムに発生：反転ビットは場所の偏りなくランダムに発生、現象的にはノイズの発生なので他の原因（電磁ノイズ、静電気、落雷など）と切り分けが難しく原因特定に時間がかかることが多い。
4. 時間的にランダムに発生：試験や部品交換も効果なし。
高信頼性用途では事前の評価と対策を取らねばならない。

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
2. ソフトエラーとは
3. 原因と特徴
- 4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)**
5. ソフトエラー評価技術
6. 今後に向けて

4.社会的インパクト(ソフトウェアが引き起こした障害例)

■ Sun 2000年

- ソフトエラーによるシステムクラッシュ多発。
- L2キャッシュにECCが無かった。
- AOL, Ebay, Verisign, Baby Bell(Atlanta)などの業務に影響

Computerworld

December 03, 2001

McNealy Blames IBM for Sun's Server Memory Flaws
Says faulty SRAM was 'biggest source' of system crashes

"We're no longer buying IBM SRAM [static RAM]. They were the biggest source of the problem for us. They knew about it before, and they didn't tell us . . . But IBM sure made a big point of telling all of our customers about it a year and a half ago. But we don't have that issue anymore. We designed IBM out and put [error checking and correcting logic] across the entire cache architecture. "

原因究明対策までに約 1 年（そのために被害拡大）

4.社会的インパクト(ソフトウェアが引き起こした障害例)

■ A社:ソフトウェア対策のため30億円の特別損失

2020年3月期第一四半期

特別損失 FY19_1Q実績
32億円

ソフトウェア対策強化
引当金繰入額 30億円

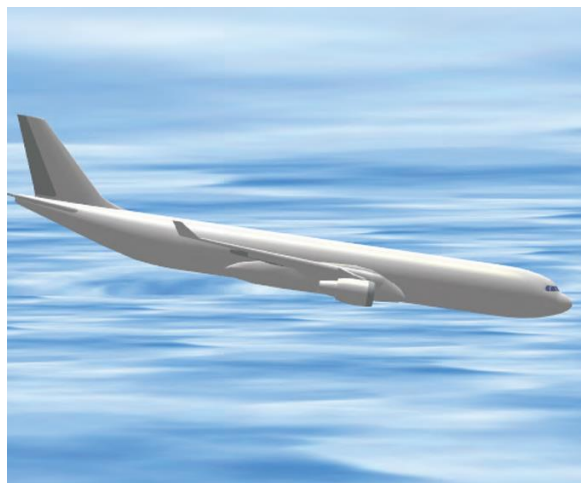
A社 2020年3月期第1四半
期決算説明会資料より

ソフトウェア障害は原因究明に時間がかかり、プロセス、回路変更以外対策効果がなく費用もかかる。そのためソフトウェア障害は企業に大きな損害をもたらす。

4.1 ソフトエラーが原因と疑われている例

■ カンタス航空72便急降下事故(2008年10月7日)

- ・2008年10月7日、Qantas72便がシンガポールからパース（西オーストラリア）に向けて出発
- ・高度37,000ft（11,278m）を航行中、**ADIRU 1（慣性基準装置 1）**が断続的に誤データ（Angle of attack, 迎え角）を発信
- ・この誤データにより、**FCPC（フライト制御コンピュータ）**が下降を命令（＜2秒）72便は急降下した。



シートベルトをしていなかった乗客のほとんどが、天井に投げつけられる事態となった。

オーストラリア運輸安全局ATSB TRANSPORT SAFETY REPORT Aviation Occurrence Investigation A0-2008-070 Final” In-flight upset 154 km west of Learmonth, WA 7 October 2008 VH-QPA Airbus A330-303” p170 Figure 50を引用

4.1 ソフトエラーが原因と疑われている例

■ カンタス航空72便急降下事故(2008年10月7日)

事故調査レポート (Webで閲覧可能)

オーストラリア運輸安全局ATSB TRANSPORT SAFETY REPORT Aviation Occurrence Investigation AO-2008-070 Final” In-flight upset 154 km west of Learmonth, WA 7 October 2008 VH-QPA Airbus A330-303”

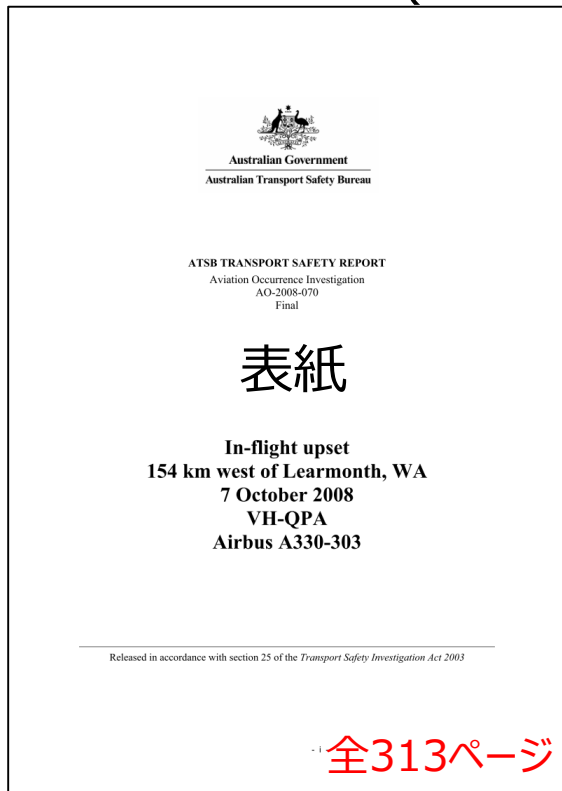


Table 26: Evaluation of potential triggers		
Trigger	Key points	Assessment
Software corruption	ADIRU software was verified as intact after the occurrences. Unit 4167's software was reloaded and verified between the two occurrences involving this unit.	Very unlikely
Software 'bug'	Would not be expected to occur twice on one unit without many other occurrences on other units. Functional testing of software found no problems. No unique circumstances identified with the occurrence flights that could trigger a rare bug.	Very unlikely
Hardware fault	Extensive unit and module testing found no problems. Visual examination of the units did not identify any physical damage or other abnormalities. Not consistent with a 'soft fault'.	Very unlikely
Physical environment	Unit testing beyond relevant standards found no problems. Visual examination of the units did not identify any physical damage or other abnormalities that could result in a relevant equipment fault when exposed to normal or abnormal environmental conditions. The physical environment was normal during the three flights. Nothing unusual found with aircraft environment during testing.	Very unlikely
EMI from aircraft systems	Extensive unit testing found no problems. Measurement of the electromagnetic environment within the aircraft during ground and flight tests showed nothing unusual or excessive. It was not possible to reproduce the exact conditions of the occurrence flights during testing. Wiring integrity tests found no problems. The aircraft configuration was not unique or unusual. No problems with the other ADIRUs installed on same aircraft.	Unlikely
EMI from other onboard sources	No sources of concern were identified. Extensive unit testing found no problems. Measurement within the aircraft while PEDs were in use showed very minor effects on the electromagnetic environment.	Very unlikely
EMI from external sources	No sources of concern were identified. Extensive unit testing found no problems. The electromagnetic environment during flight tests showed nothing unusual or excessive. No problems with other systems during the occurrence flights.	Very unlikely
SEE	The intensity of high-energy particles for the three occurrences was not unusual. The ADIRU had limited mechanisms to detect and manage SEE (that is, no EDAC). No SEE testing was performed on the occurrence units. SEE testing on another unit did not induce the data-spike failure mode (although the testing was limited in scope). Difficult to accurately estimate the likelihood of two SEEs occurring on the same ADIRU twice in its operational life.	Insufficient evidence to estimate likelihood

レポート p.150の表
SEE以外は
unlikely(ありえない)
もしくはvery unlikely
(非常にありえない)

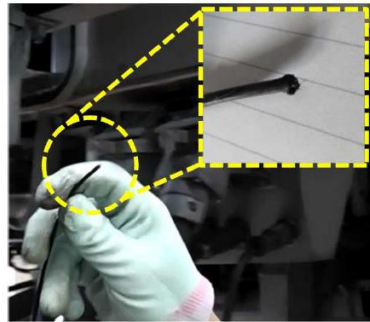
**ソフトウェア
ありうる(not
unusual)
が証拠不十分**

報告ではソフトウェアはありうる。(ただし証拠不十分として断定されていない。) また機器のソフトウェア対策の不十分さが指摘されている。**ソフトウェアが人身事故につながる可能性があるとして大きな警鐘になった。**

4.2 ソフトエラーが同様の障害を起こす可能性がある例

■ 記憶に新しい新横浜シーサイドライン逆走事故

・2019年6月1日(土)20時15分頃、
新杉田駅発並木中央駅行き第2009B 列車（5 両編成）が新杉田駅を出発したところ、本来の進行方向と**反対の方向に進行**し、線路終端部の車止めに衝突し停止した。この事故により**乗客14 名が負傷**した。



③ F 線の断線状況
(溶着していなかった側)



運輸安全委員会Webより

出典 株式会社横浜シーサイドライン新杉田駅において発生した鉄道人身障害事故に関する情報提供 令和元年6月14日 国土交通省 運輸安全委員会 Press Release
<http://www.mlit.go.jp/jtsb/iken-teikyo/seasideline20190614.pdf>

運輸安全委員会の調査によりF線(前進指令をモータに伝える配線)の断線が報告されている。(詳細はさらに調査中)確率は低いがコンピュータが誤作動を起こせば同様の事故を起こしかねない。将来の過密路線、電子デバイスに頼り切った社会では**ソフトエラーに注意が必要**。

4.社会的インパクト(ソフトウェアが引き起こした障害例)

1.ソフトウェアはネットワークなど社会インフラにもかかわり障害を起こすと波及範囲が広く、企業にも甚大な損害をもたらす。

2. 原因追及に時間がかかり、かつ試験で除けないためプロセスや設計改版など時間と費用を要することが多いためである。

3. 事前に評価し、しっかり対策を立てることが必要である。特にインフラや人命にかかわる高信頼性用途品では必須。

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
2. ソフトエラーとは
3. 原因と特徴
4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)
5. **ソフトエラー評価技術**
6. 今後に向けて

5. ソフトエラー評価技術

ソフトエラー研究の歴史

- | | |
|------|--|
| 1975 | 人口衛星の電子デバイスの異常の原因として 宇宙空間 のFeやCなどの重粒子が原因であると報告 |
| 1978 | intelからDRAMにおける α線起因のソフトエラー が報告。 地上 でのソフトエラーが広く知られるようになった。 |
| 1996 | IBM、富士通などの報告で 二次宇宙線である中性子線 の影響でソフトエラーが発生が知られるようになってきた。 |
| 2001 | JEDEC基準(JESD89) |
| 2005 | JEITA基準(EDR-4705) |
| 2010 | ミューオン によるソフトエラーが示唆 |

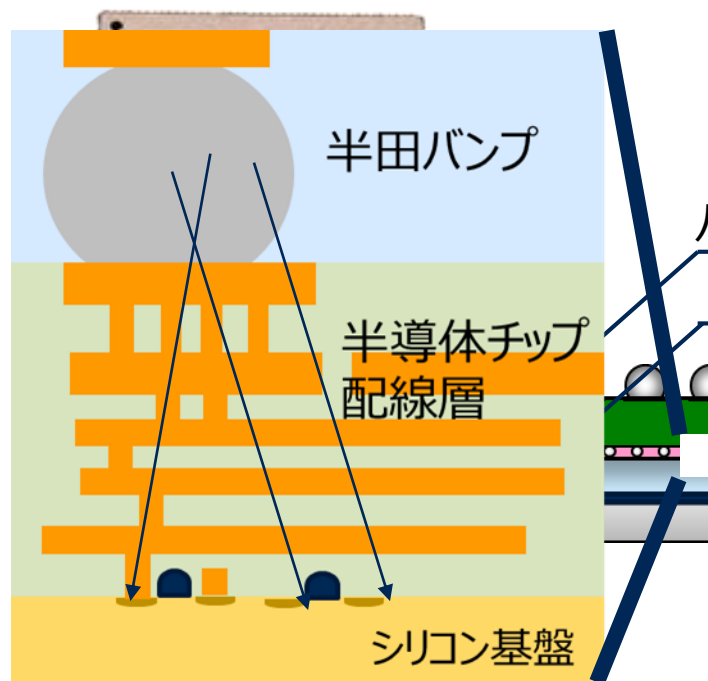
歴史を見ると集積化が進み、それとともにソフトエラーが問題になる環境（宇宙空間から地上）、原因（ α 線に加え中性子線）が拡大していることがわかる。

5. ソフトエラー評価技術

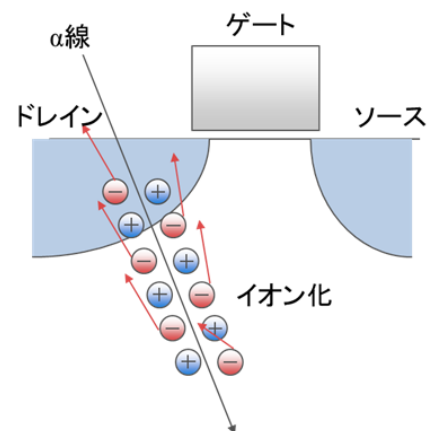
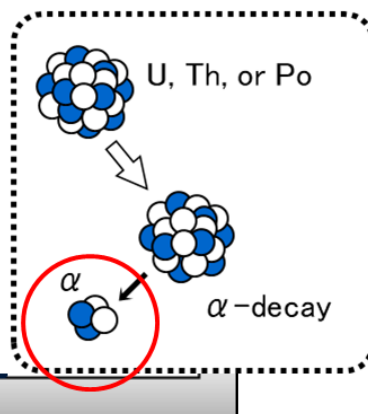
1980年代

5. ソフトエラー評価技術

1970～80年代 α 線ソフトエラー 発生源(材料起因)



放射性同位元素からの
 α 崩壊による α 線の発生

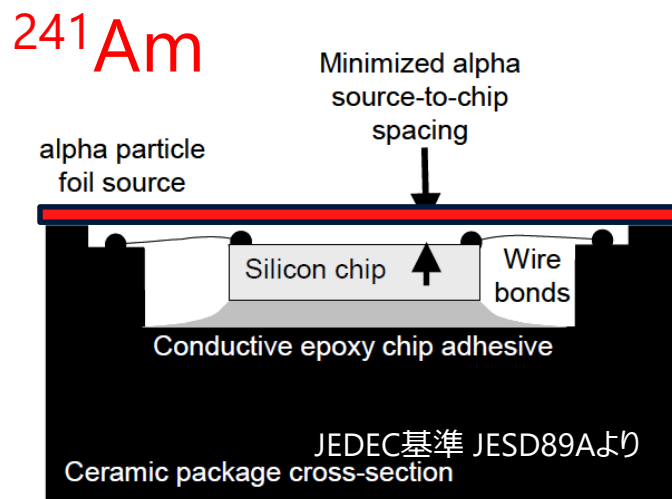


図は Taiki Uemura "A Study on Soft Error Mitigation for Microprocessor in Bulk CMOS Technology" Osaka, Japan Osaka University, 2015, Ph.D. thesis p6 Fig.1.3より引用

70年代に最初に問題になったのはLSIデバイスのパッケージ材料に微量に含まれる同位元素からの α 線。

5. ソフトエラー評価技術

1970～80年代 α線ソフトエラー評価技術



α線加速試験方法
放射性同位元素 ^{241}Am による加速試験
Packageの表面に配置して加速試験を実施

ランニング試験
デバイスを実動作させ故障率を測定する。

α線ソフトエラーの評価は2種類

1. 加速試験：放射線方位元素をChip直上に配置して加速

2. ランニング試験：デバイスを実動作させ故障率を測定

デバイス1000ヶ 半年程度のランニング試験で確認した。

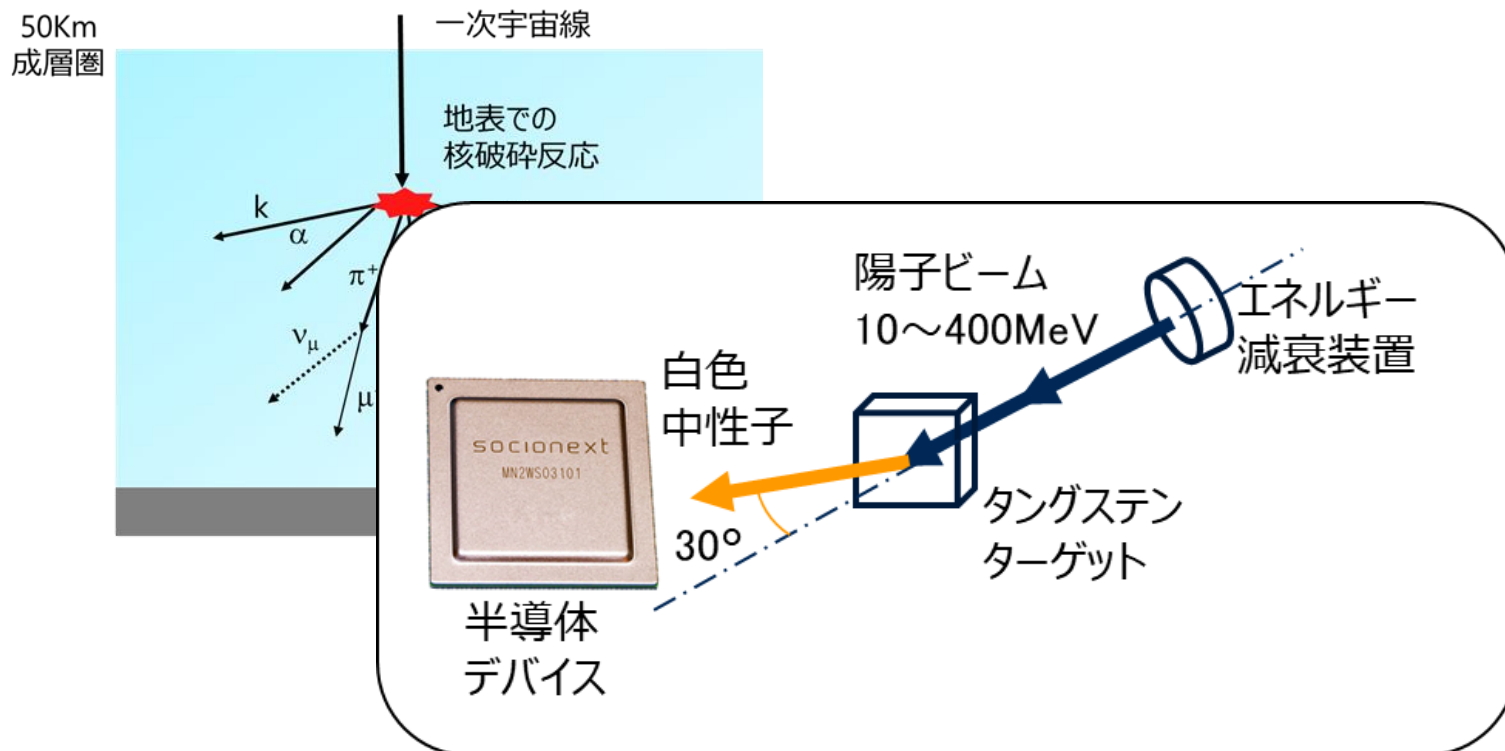
この当時のソフトエラーの基準は 1000FIT/device

5. ソフトエラー評価技術

1990～10年

5. ソフトエラー評価技術

90年代以降 中性子線ソフトエラー 発生源(二次宇宙線)



中性子の加速評価はリングサイクロトンなど加速器での評価が必要になった。評価施設が限定される。

5. ソフトエラー評価技術

90年代以降集積化の影響 (多ビットエラーの発生、現象が複雑になってきた)

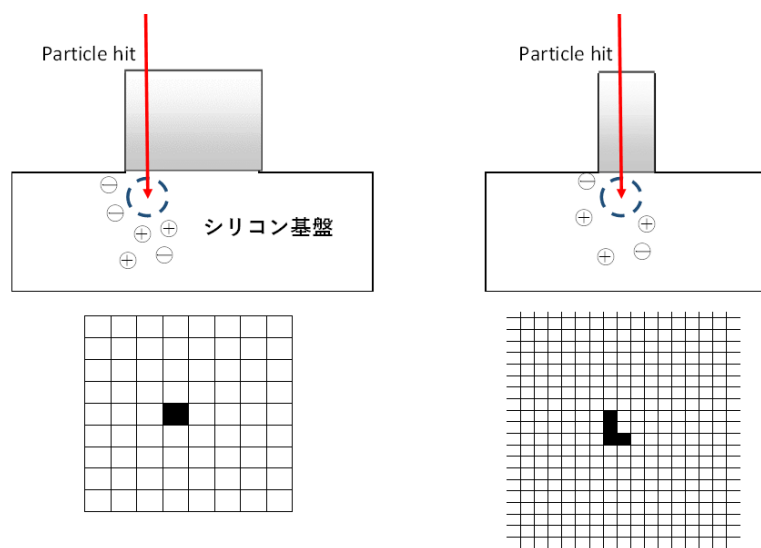
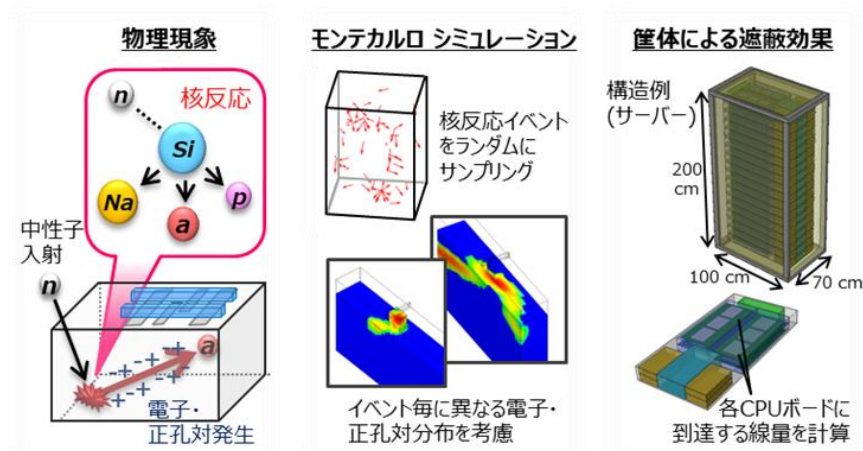


図1.微細化に影響により多ビットエラーの発生も起きるようになってきた。



PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System) :
日本原子力研究開発機構(JAEA)、高度情報科学技術研究機構(RIST)、高エネルギー加速器研究機構(KEK)が開発を進めている粒子輸送計算コードで、任意の体系中の放射線の核反応と輸送を計算する汎用モンテカルロコード

ソフトウェアシミュレータ核物理に基づきソフトウェアを計算、筐体の影響なども計算できる。

集積化により単ビットから、複数ビット（より修正が困難）が発生しやすくなる**(放射線の影響範囲は微細化されない)**
筐体や建物の影響も受けるようになりシミュレーションによる計算も必要になってきた。

5. ソフトエラー評価技術

近年

5. ソフトエラー評価技術

ソフトウェアに求められる信頼度が向上。

ISO26262(自動車向け機能安全規格)

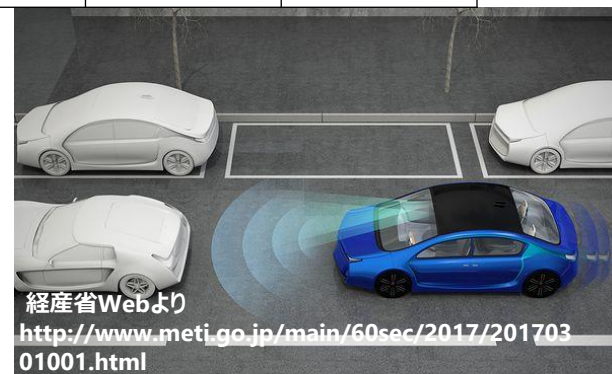
目標値	ASIL (Automotive Safety Integrity Level)			
	A	B	C	D
累積故障確率の目標[FIT]	-	<100	<100	<10
シングルポイント フォールト ^(*1) の対策目標	-	≥ 90%	≥ 97%	≥ 99%
レイタント フォールト ^(*2) の対策目標	-	≥ 60%	≥ 80%	≥ 90%

(*1)シングルポイントフォールト

単独で安全を侵害する危険のある故障で安全機構がないもの。

(*2)レイタントフォールト

診断などの安全機構で検知できない故障

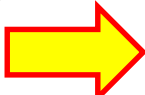


ISO26262(自動車分野の機能安全規格)の最高位のASIL-Dではシステムへ10[FIT]の要求。ここでFITとは10⁹時間(=約11万年)あたりのデバイス1ケの平均故障率。

5. ソフトエラー評価技術

ソフトウェアに求められる信頼度

10[FIT]とは

デバイス1ケでみると	10^9 時間(=約11万年)	10回故障
	10^8 時間(=約1.1万年)	1回故障
デバイス10ケでみると	10^7 時間(=約1100年)	1回故障
100	(=約110年)	1回故障
1000ケ	(=約11年)	1回故障
10000ケ	(=約1.1年)	1回故障
10万ケ	(=約0.1年)	1回故障
100万ケ	(=約0.01年=4日)	1回故障

現実の世界(国内自動車台数2018年度 526万台)
と比較すると決して厳しすぎる数字ではない。

5. ソフトエラー評価技術

ソフトウェアに求められる信頼度

10[FIT]をランニング試験で保証しようとする

100万ヶ デバイスを100時間稼働

10万 // 1000時間 //

↘

1000ヶ デバイス 11年 稼働

100 // 110年

10 // 1100年



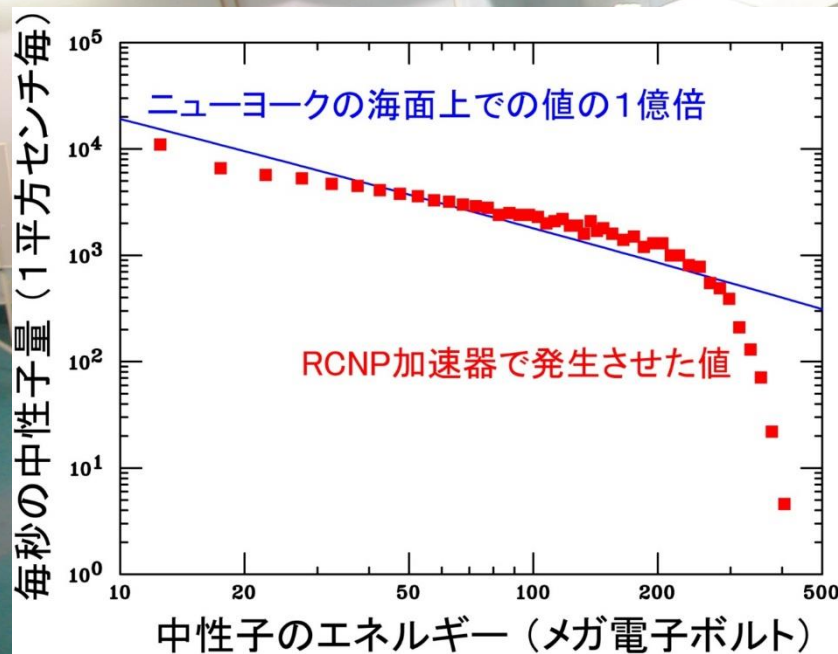
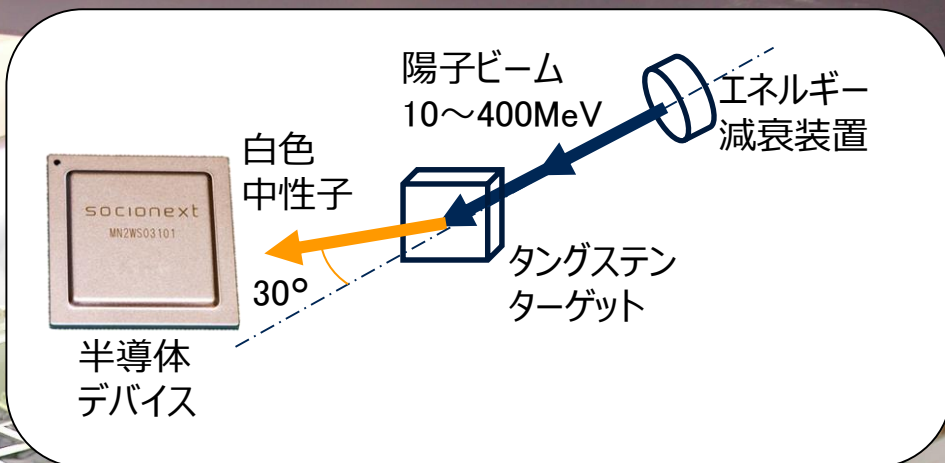
ランニング試験では評価不可能！

加速試験による評価がより重要に

シミュレーションの開発と併せて企業単独では困難

大学・研究機関との共同研究が不可欠な時代になった。

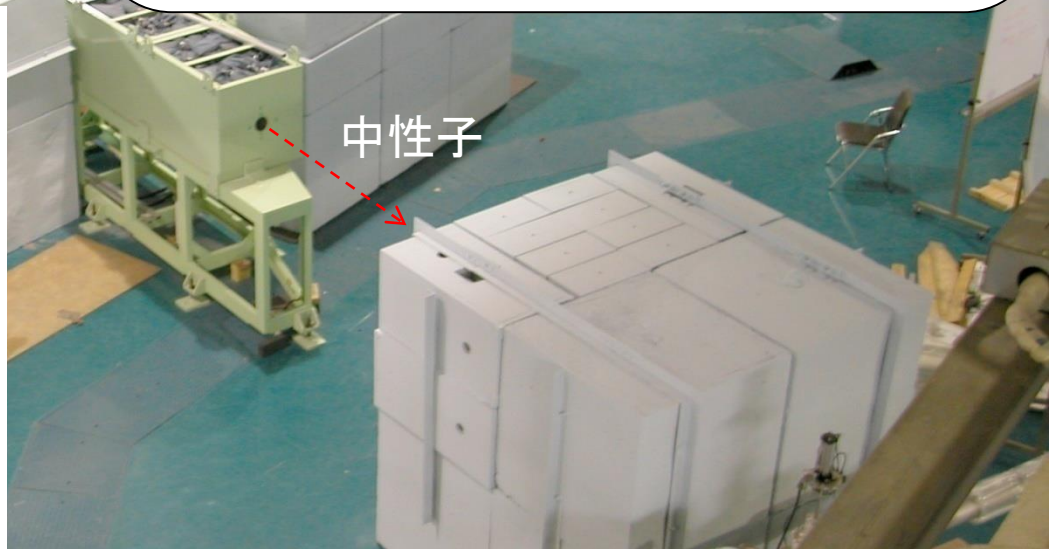
RCNP 白色中性子照射場



RCNPの白色中性子源の強度は
30秒で自然界の100年分相当
→ **1年後に10倍に増強**



**阪大RCNP様での加速試験
で数個、数10時間で必要
なデータが取れる。**



5. ソフトエラー評価技術

RCNPでの評価例：

デバイスおよびシステムレベルの加速試験



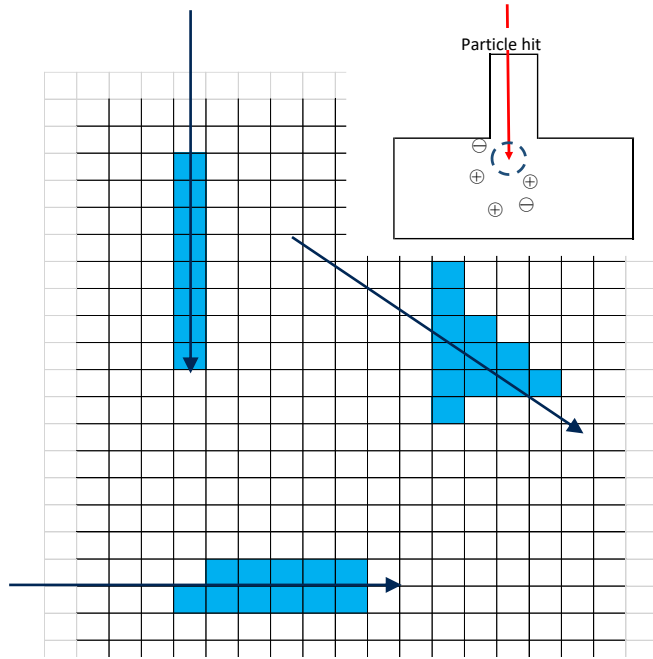
H. Ando, et al, "Validation of hardware error recovery mechanisms for the SPARC64 V microprocessor," in IEEE International Conference on Dependable Systems and Networks With FTCS and DCC, 2008, pp. 62-69.

富士通のサーバ部門とデバイス部門（現ソシオネクスト社）でスーパーコンピュータ開発にてソフトエラー対策に挑んだ。前世代のサーバーで加速試験を実施。コンピュータ動作における信頼性が求められる動作、回路網を割り出した。

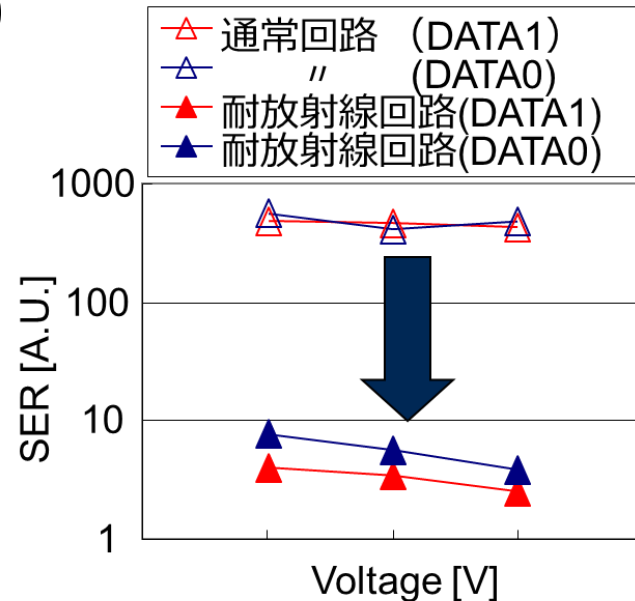
5. ソフトエラー評価技術

耐放射線回路の開発

1)



2)



放射線耐性回路

1) メモリーで発生しうる多ビットエラーをRCNPでの加速実験から算出し対応できる訂正回路(ECC)を採用

2) 信頼性が求められる回路向けに耐放射線回路を開発

富士通サーバー部門が装置レベルの評価、デバイス部門（現ソシオネクスト）がデバイス进行评估する協力体制だからこそできた開発

5. ソフトエラー評価技術

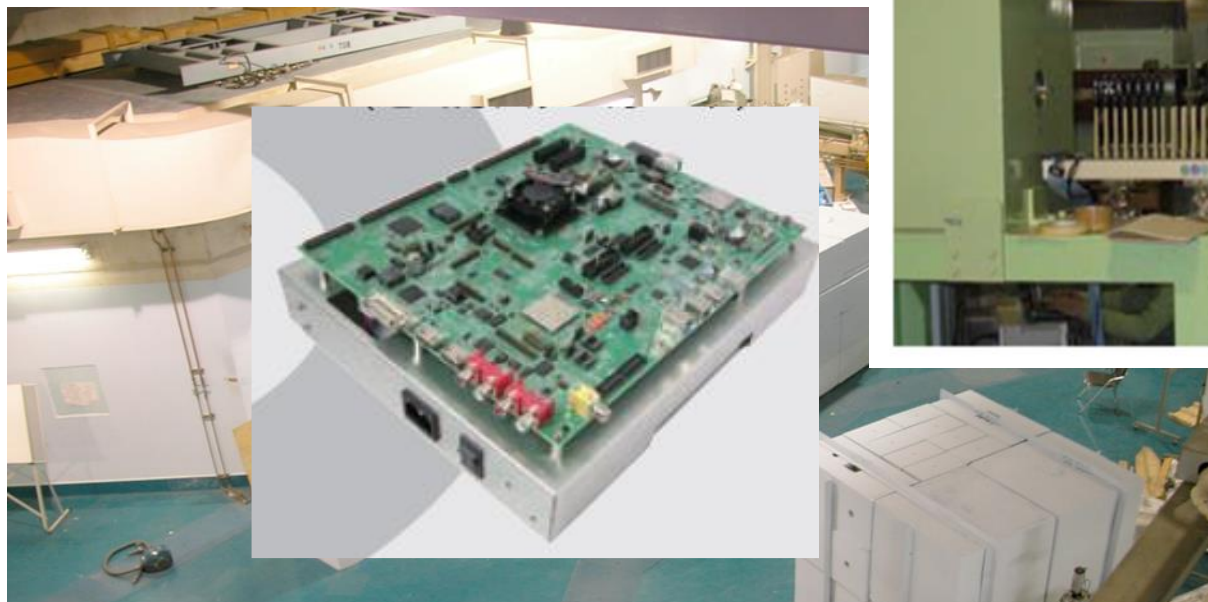
1. 70～80年 α 線ソフトエラーが問題になった。放射性同位元素 (^{241}Am)による加速試験とデバイスを実動作させるランニング試験で評価した。
2. 90年代に入り中性子によるソフトエラーも問題になりリングサイクロトロンなど加速器での加速試験で評価をおこなった。現象に複雑化にともないシミュレーションでの評価も必要になった。
3. 近年はデバイスに対する高信頼性要求に伴い加速器での評価がより重要になった。シミュレーションの開発も含め大学・研究機関との共同研究が不可欠な時代になった。
4. 富士通サーバー部門とデバイス部門(現ソシオネクスト) RCNPにて装置およびデバイスの評価を分担して行い情報をshareして高信頼性サーバーの開発に成功した。

■目次

1. はじめに、デバイスの社会への役割の変化
2. ソフトエラーとは
3. 原因と特徴
4. 社会的インパクト
(ソフトエラーが引き起こした障害例)
5. ソフトエラー評価技術
6. 今後に向けて

6. 今後に向けて

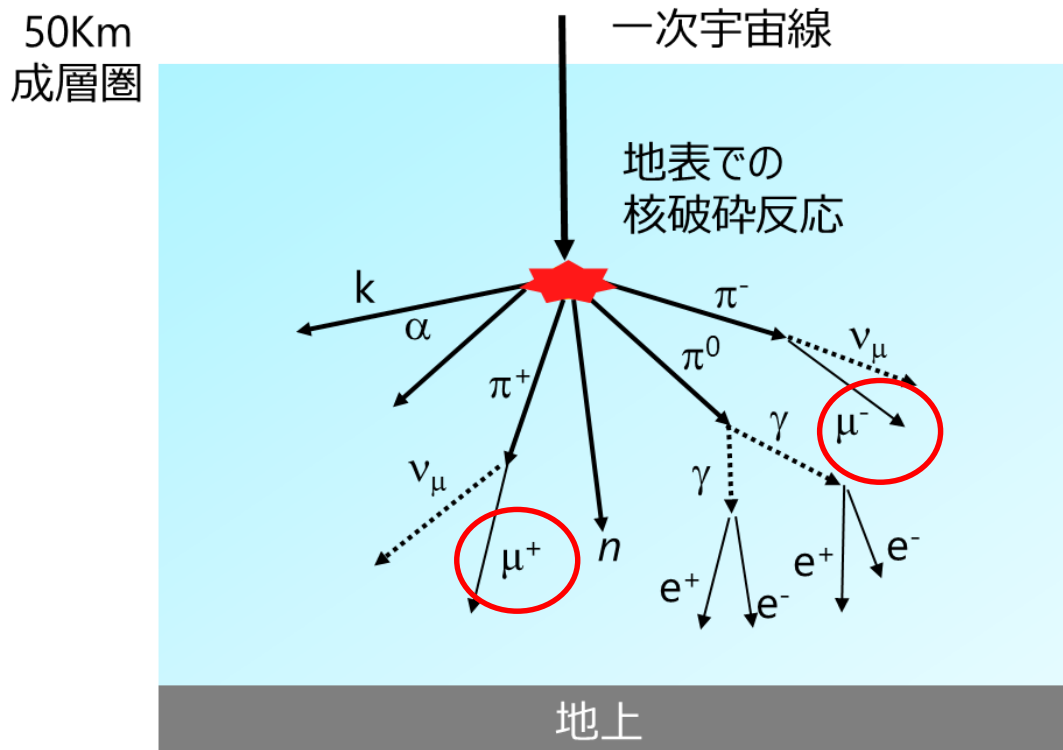
QISS 産学連携 (1)



現状は加速試験はほとんどデバイスメーカーが行っている。富士通サーバー部門がサーバーで評価しソシオネクストがデバイスの評価を行い成果をあげたように、ボード、装置レベルの評価を行い、お互いノウハウを共有、評価の裾野を広げる必要がある。

6. 今後に向けて

QISS 産学連携（２）

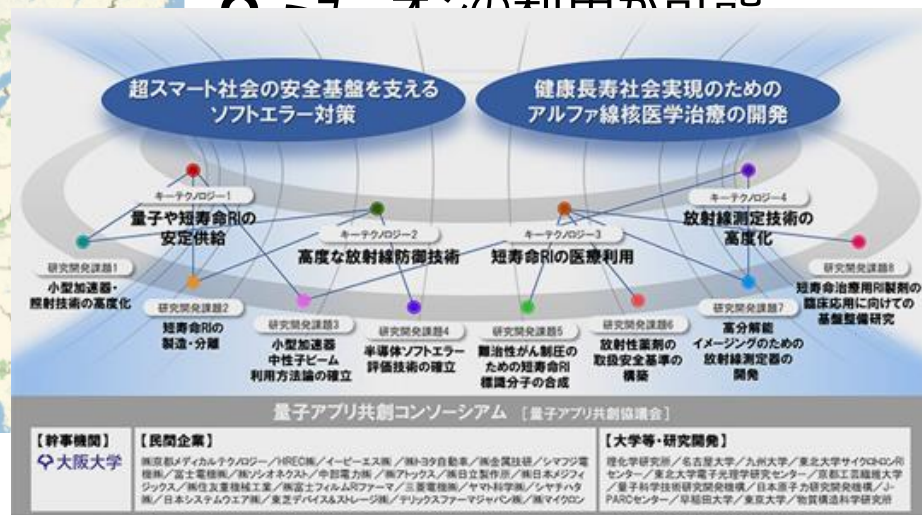


将来デバイスではミュオンの影響が懸念されている。

加速には加速器が必要、現象も難しい。

産学の英知を結集すべき課題。

QISS 産学連携 (3)



OPERA | QiSS - 大阪大学 核物理研究センター 安心・安全・スマートな長寿社会実現のための高度な量子アプリケーション技術の創出 <https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~qiiss/>

日本は幸いにして多くの加速器が狭い国内にある。しかも加速器間の連絡が良好。
この連結をさらに強化してソフトエラーの問題に取り組むべき。
品質は日本のお家芸でありオールジャパン体制で取り組むべき**QISSの役割は重要**

6. 今後に向けて

1. 現状は加速試験はほとんどデバイスメーカーが行っている。富士通サーバー部門とソシオネクストがおこなったように、ボード、装置レベルの評価デバイスメーカーで行い、お互いのノウハウを共有、評価の裾野を広げる必要がある。
2. 今後もミュオンなど新しい粒子によるソフトエラーが懸念されている。現象的にも難しく大学・研究機関の協力が不可欠。
4. 品質は日本のお家芸である。QISSでデバイスメーカー、装置メーカー、研究機関のオールジャパン体制でこの問題に取り組み、このソリューションを見出すべき。

SOCIONEXT™

for better quality of experience