

# 建設機械施工への協調安全の適用のために

～現行労働安全・機械安全の課題と新たな概念の必要性～

2021年2月25日

 日立建機株式会社

研究・開発本部 技監

枝村 学

本講演資料の許可なき二次配付はご遠慮ください

祖父：京都市勤務の建築士 父：建設会社の現場担当  
叔父：土木工学の教授 の土木建設の家系？

機械系に進学

1990～2005年 日立製作所（機械研究所→中央研究所）

半導体製造装置の研究開発

2005～2008年 日立建機ファインテック株式会社

半導体検査装置の設計

**SEMI S2等の安全規格の第三者認証取得**



機械装置

どちらも開発設計・安全に関わる

2008～2021年 日立建機株式会社

ハイブリッド油圧ショベル ZH200（3世代）の設計  
情報化施工油圧ショベル ZX200X（2世代）の設計

**電気安全規格 IEC60204 と格闘**

**機能安全規格 IEC61508、ISO13849 と格闘**

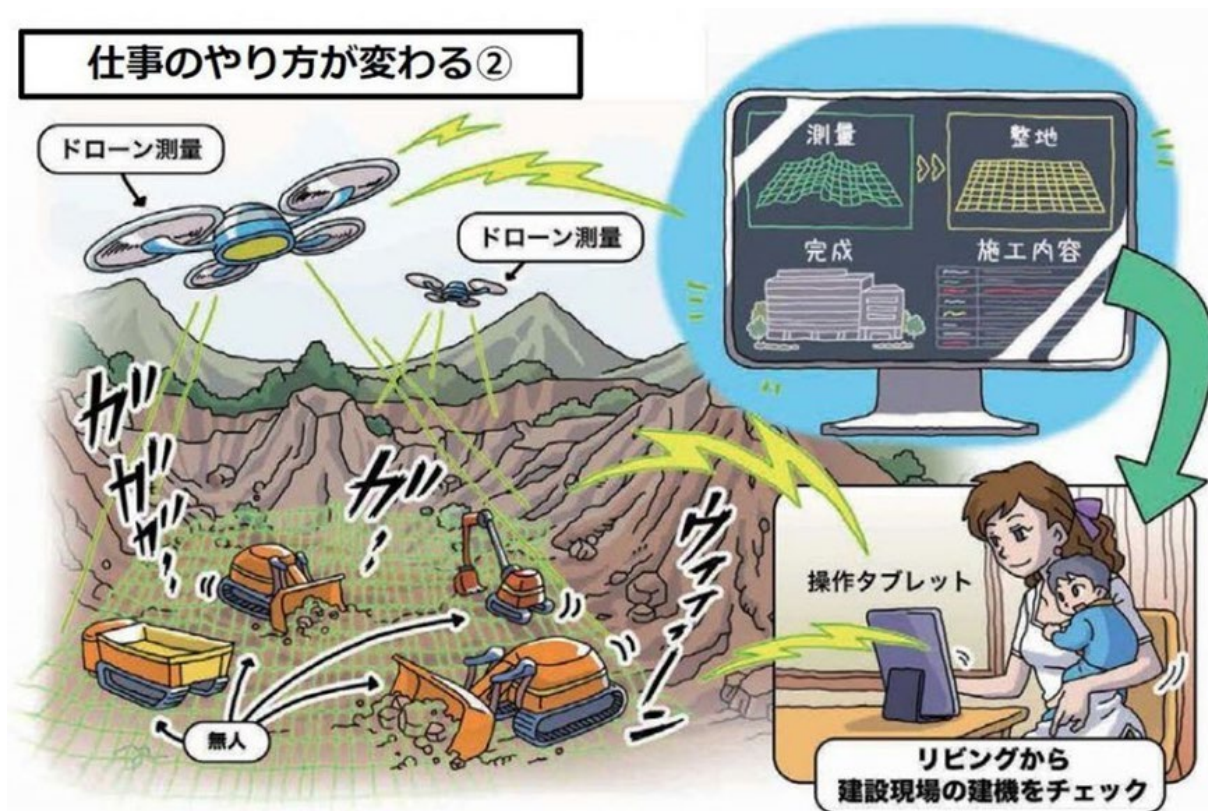


移動機械

社内技術教育 “製品安全、機械安全” 取り纏め 受講者1000人以上？

## 安全で生産性の高い施工現場の実現

総務省 5G資料より

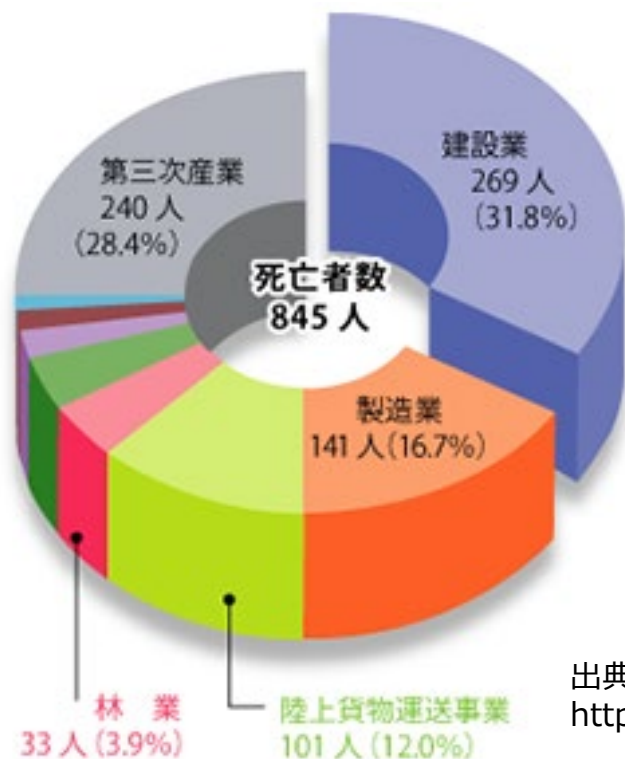


出典：総務省 | 2020年の5G実現に向けた取組 | [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000593247.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000593247.pdf)

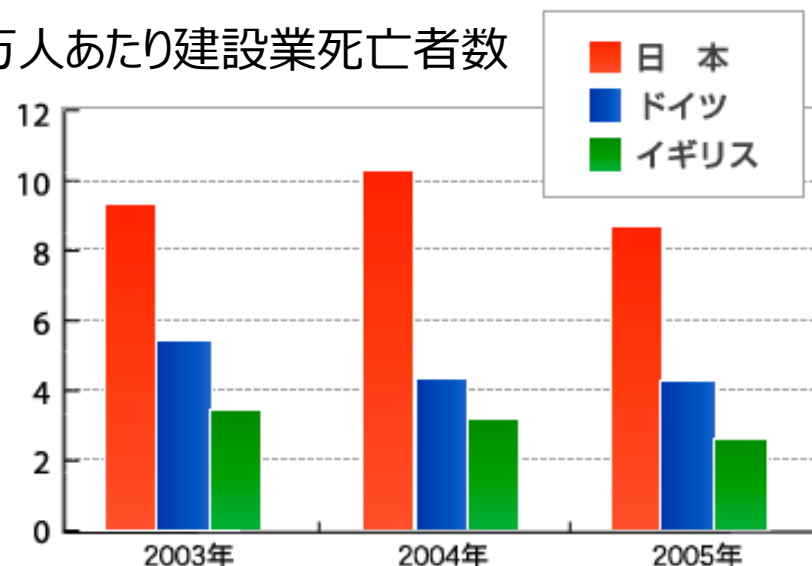
## 安全で生産性の高い施工現場の実現

どうやったら実現できるのか？ →現状は？

業種別死亡災害（2019年）



10万人あたり建設業死亡者数



出典：全国仮設安全事業協同組合WEBサイト  
[http://www.kasetsuanzen.or.jp/industrial\\_accident/compare.html](http://www.kasetsuanzen.or.jp/industrial_accident/compare.html)

出典：全国建設業労災互助WEBサイト  
[https://rousaigojyokai.or.jp/?page\\_id=165](https://rousaigojyokai.or.jp/?page_id=165)





© Hitachi Construction Machinery Co., Ltd. 2020. All rights reserved.

本日は、この図の“ところ”をご説明したいと思います

## 安全で生産性の高い施工現場の実現

どうやったら実現できるのか？

1. 現行の安全（労働安全と**機械安全**）の理解
  2. 施工現場特有の要件、困難さの認識 ⇔ 一般製造業（工場等）
  3. 新しい技術（ICT、AI、センシング技術等）の理解
  4. 現行の安全の方法論と、要件(2)や新技術(3)に対するギャップ
  5. 新しい安全の概念や方法論
- ↓
6. 新たな施工プロセスや施工ツール（建設機械含）

1. はじめに ～自己紹介と本講演の目的～
2. **安全とは？** ～**現行機械安全**～
3. **新たな安全の概念** ～**協調安全**～
4. **日立建機**の取組み
  - ・ **運転支援装置**
  - ・ **サイトセーフティソリューション**
  - ・ **ZCOREプラットフォーム**
5. おわりに



“安全”って何？  
どういう状態？

馴染みのある、よく使う概念ほど実は  
奥が深くて難しい…



## 安全 (safety) とは 許容不可能なリスクがないこと

“ISO/IECガイド51:2014”

“JIS Z8051:2015” 安全側面—規格への導入指針

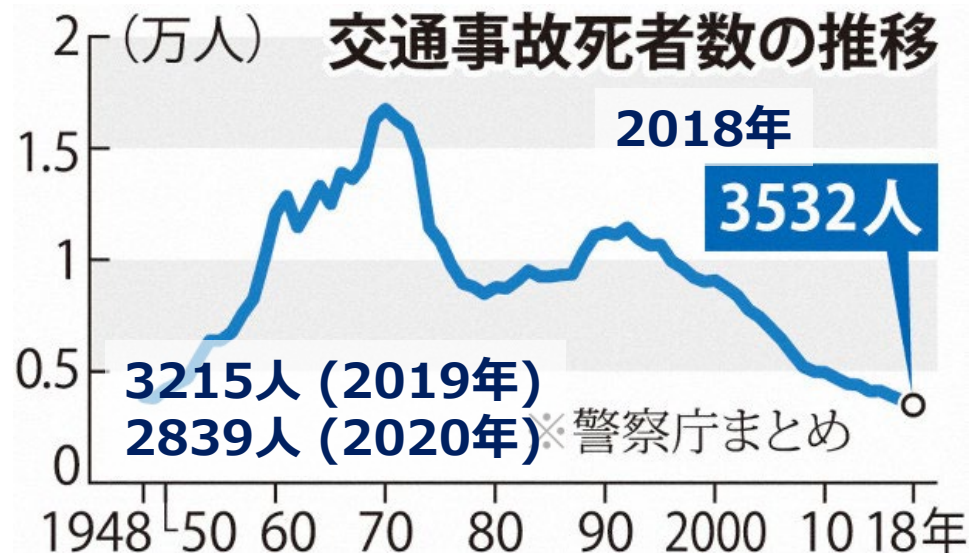
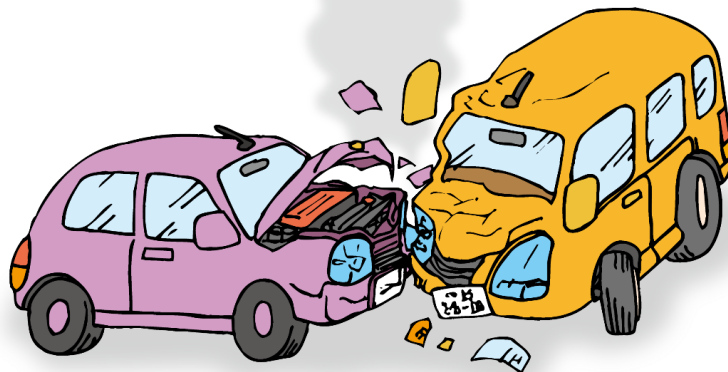
利便性のあるものには必ずリスクがあり、リスクの程度が問題。事故は起こり得る。安全であるとは、リスクが許容可能なレベルに抑えられていると解釈し、リスクがあっても、小さな程度のものならばリスクを覚悟して利用しようとする。

ただし、利用者にとって許容可能なリスクの程度は、そのシステムの利用条件や有益さ、その時代の技術水準、社会状況、法規、利用者の覚悟や関係者の合意等により決まり、変動する。

※ リスク = 「危害の発生確率」 × 「危害のひどさ」

リスクを認識し、許容可能であると判断している状態

# 今の社会で許容されている（おそらく最大の）リスク



出典：毎日新聞WEB記事 2019/1/4



出典：日本経済新聞WEB記事 2020/10/8

世界では24秒に1人が死亡しているそうです

## “ISO/IECガイド51:2014” “JIS Z8051:2015” 安全側面—規格への導入指針

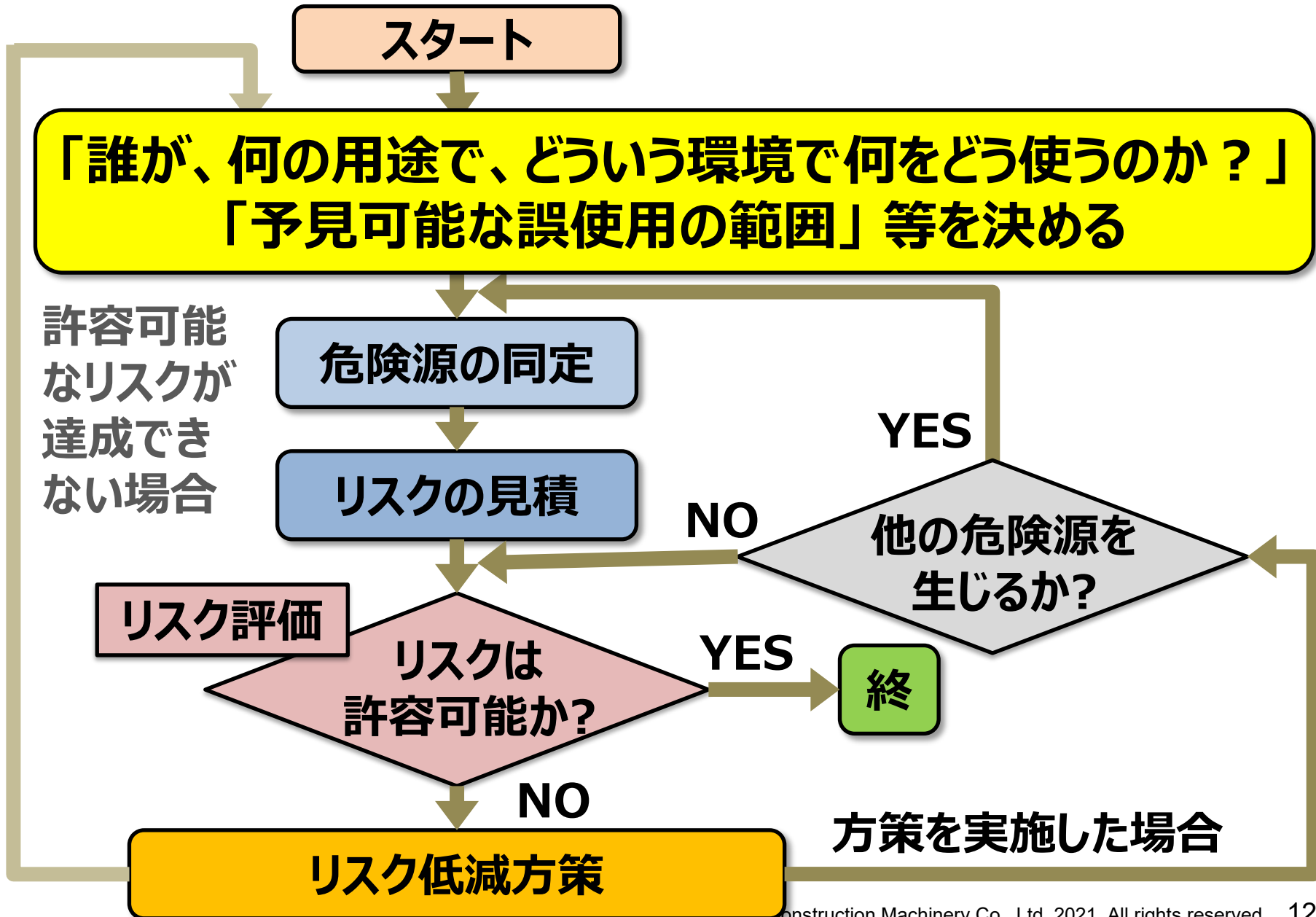
- ✓ 安全の基本概念の明確化（安全の定義、リスクの概念）
- ✓ 絶対安全は存在しないことの宣言
- ✓ 許容不可能でないリスクという概念
- ✓ リスクアセスメントに基づく安全性評価
- ✓ リスク低減方策の優先順位：3ステップメソッド

ここまで説明



みたいなもの

グローバルな安全の基本思想を定める



# リスク低減方策の優先順位 3ステップメソッド

## 1st STEP

危険源をなくす、減らすのが  
“本質的安全設計”

危険源 (ハザード)

人

接近 (暴露)



危険状態

危険状態にならないように  
するのが  
“安全防护”

保護方策の不足、不適切、不具合

## 2nd STEP

危険事象に至らない  
ようにするのが  
“付加保護方策”

危険事象の発生



回避の失敗

## 3rd STEP

“使用上の情報の提供”  
で、残留リスクを  
人に伝える

危害の発生

危険



- 1 適用範囲
- 2 引用規格
- 3 用語及び定義
- 4 リスクアセスメント及び  
リスク低減のための方法論
- 5 リスクアセスメント
  - 5.1 一般
  - 5.2 リスクアセスメントの情報
  - 5.3 機械類の制限の決定
  - 5.4 危険源の同定
  - 5.5 リスク見積り
  - 5.6 リスク評価



- 6 リスク低減
  - 6.1 一般
  - 6.2 本質的安全設計方策
  - 6.3 安全防護及び付加保護方策
  - 6.4 使用上の情報

- 7 リスクアセスメント  
及びリスク低減の文書化
- 附属書 A (参考) 機械の構成図
- 附属書 B (参考) 危険源,  
危険状態及び危険事象の例
- 附属書 C (参考) 索引
- 参考文献

## リスクアセスメント

## 安全設計の原理と基本

ガイド51の考え方に基づき、  
“安全”な“機械・設備”を“計画・設計”する方法



## 安全の常識

- 機械設備は劣化等でいつかは壊れるものである
- 人間はいつかは間違えるものである(時には、認知症の人、意識を失う人、悪意の人もある)

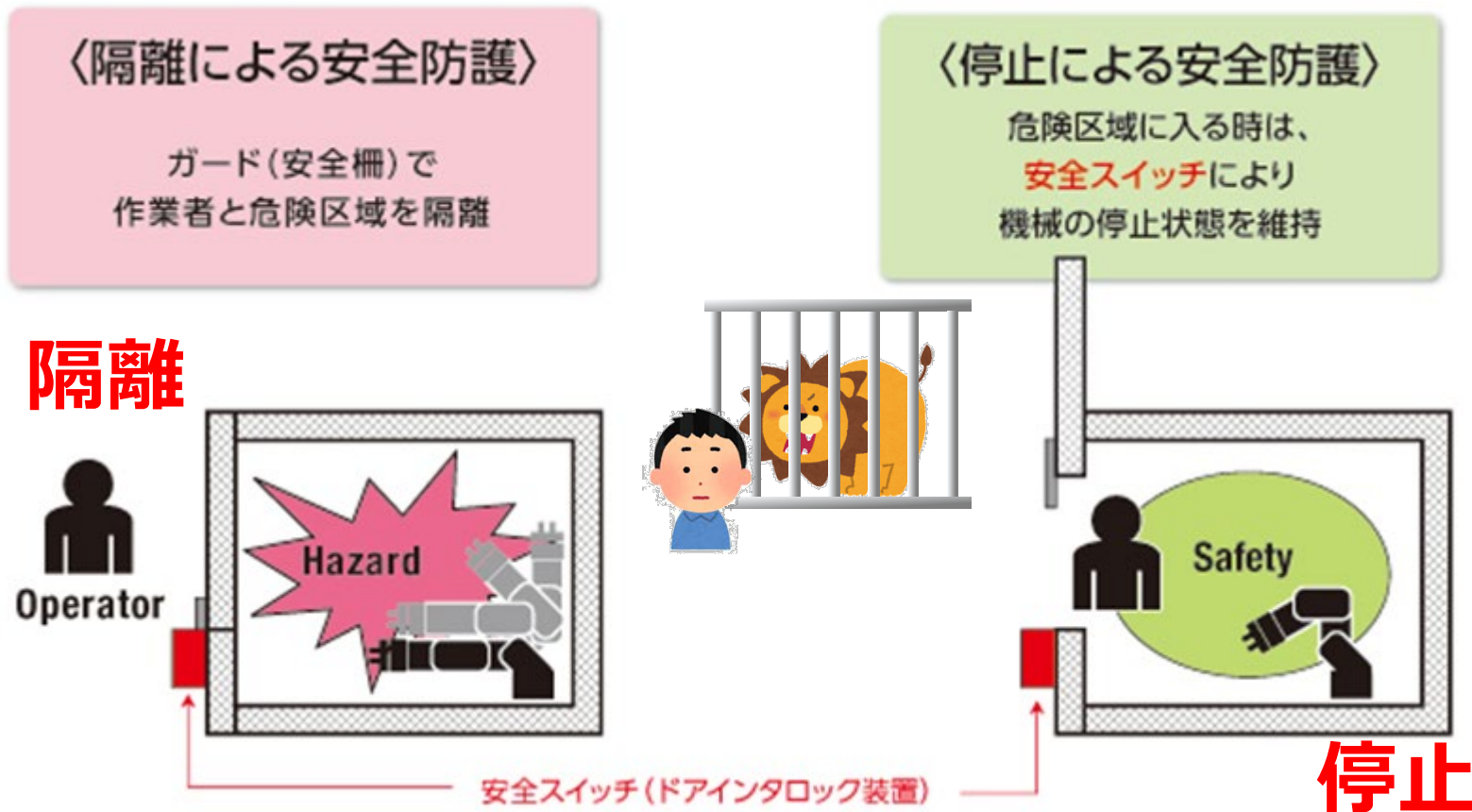
**壊れても安全  
=フェールセーフ**

**間違えても安全  
=フールプルーフ**

出典：2012-8-15 原子力の自主的安全性向上に関するWG  
工学システムの安全設計思想 について 向殿政男

**フェールセーフ設計、フールプルーフ設計が基本**

## 隔離・停止の原則



出典：IDEC社WEBサイト

<https://jp.idec.com/idec-jp/ja/JPY/RD/safety/guide/safety03>

### 危険源からの隔離・停止が機械安全設計の原則

1. はじめに ～自己紹介と本講演の目的～
2. 安全とは？ ～現行機械安全～
3. **新たな安全の概念** ～**協調安全**～
4. 日立建機の実践  
・ 運転支援装置  
・ サイトセーフティソリューション  
・ ZCOREプラットフォーム
5. おわりに

## 使用者に操作・運転責任



自動車



電動工具



建設機械

## (+ 機械が支援)

高度運転支援



## もっと安全に！



完全自動走行車



自律型建設機械

## 機械に運転責任

“人と共存”への要求

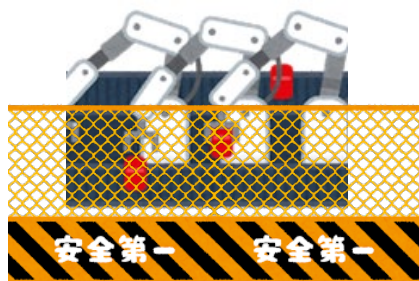
→ 隔離・停止を超える方法論

## 機械に運転責任

## 隔離・停止



半導体検査装置  
マシニングセンター



産業用ロボット  
+ 隔離柵

## もっと便利に！



協働ロボット



パワードスーツ



ケアロボット

スタート

「誰が、何の用途で、どういう環境で何をどう使うのか？」  
「予見可能な誤使用の範囲」等を決める

許容可能なリスクが達成できない場合

危険源の同定

リスクの見積

YES

NO

他の危険源を

機械でも作業でも、事前に確定的でない対象に対しては、  
リスクアセスメントを実施することが難しい

（例）汎用的で多用途な機械

やってみないとやり方が決まらない作業など

リスク低減方策

## 設計段階（機械安全・製品安全）

## 運用段階（労働安全）

元々の考え方は… 前もって安全に設計

貰った情報で安全に運用

### 事前検討（バーチャル）

危害のシナリオ



リスクアセスメント

設計段階でのリスク低減方策

### 実運用（リアル）

現実の作業



リスクアセスメント

運用・管理による  
残留リスクの低減方策

取扱説明書と  
残留リスク情報



事前検討と実運用でメーカーとユーザが分断されている  
情報伝達は納入時が主



**素晴らしい概念・方法論だが、30年を経た今となっては課題もある**

- 1. 「隔離・停止」を超える安全確保の方法論**
- 2. 環境、用途、手順等が決まりにくい製品や作業のリスク低減**
- 3. 製造者と使用者間の情報伝達、共有手段**

**他にも…**

- 4. 中身や過程は分からないがリスク低減に効果がある手段の活用  
(AIやネットワーク経由の情報の活用等)**
- 5. 組織や人の行動に対してポジティブに働きかける効果の活用**
- 6. 急速な技術進展のキャッチアップ 等々**



AI



ICT

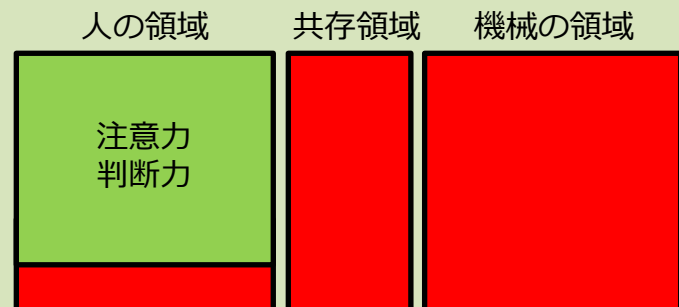


自動運転関連技術

## 新たな安全の概念や方法論が必要！

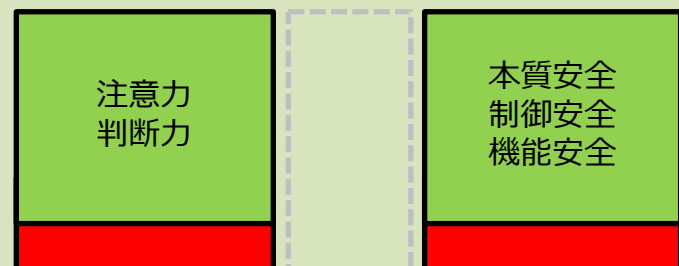
## それを「協調安全」と呼ぼう！

まだ確立途上にある概念です



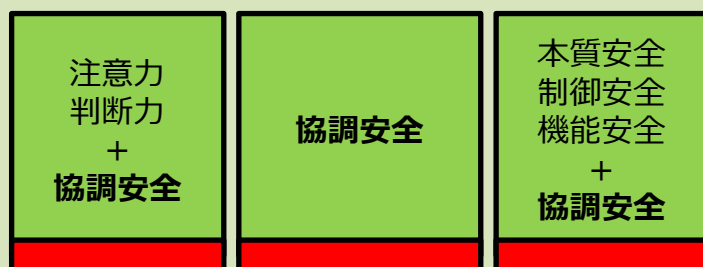
## Safety 0.0

- 人による安全
- ・ 人の領域にもリスク
- ・ 人と機械の共存領域はリスク
- ・ 機械の領域はリスク



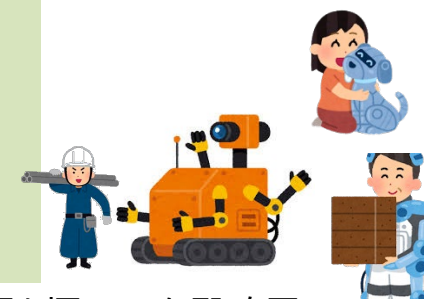
## Safety 1.0

- 人と機械それぞれによる安全
- ・ 人の領域にもリスク
- ・ 人と機械の共存領域を撤廃
- ・ 機械の領域にもリスク



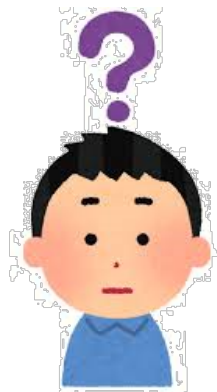
## Safety 2.0

- 人と機械の協調による安全
- ・ 人の領域のリスク最小化
- ・ 人と機械の共存を可能に
- ・ 機械の領域のリスク最小化



出典：2017-12-22 安全技術応用研究会講演「IoT時代の新しい安全設計思想を探る」 向殿政男

この図は、欲しい結果の一面のみを捉えているので  
少々誤解を与えるかもしれません…

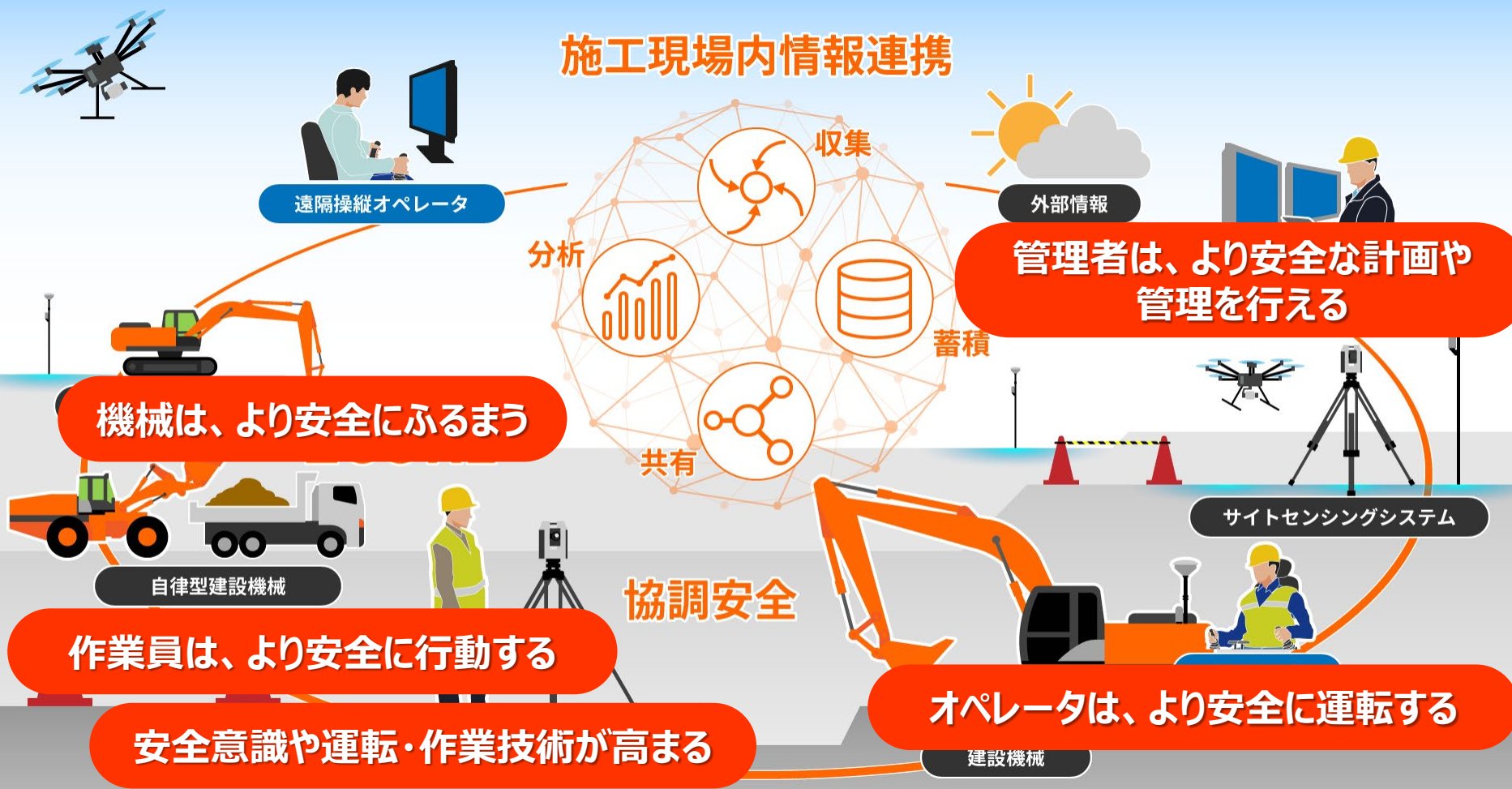


「センサやICT使って、~~機械に近づいても~~、機械が勝手に  
対処してくれて絶対に安全みたいな感じ？」

日本認証WEBサイトより引用

**協調安全とは、  
「技術と人間と組織・環境とがお互いの情報を共有し、  
協調・調和して安全を確保する」  
概念です**

**要は、安全にかかわる情報を皆で共有して  
全体最適（＝リスクの最小化）を図ること**



共有された情報が人、機械、環境・組織を安全に導くように  
トータルシステム（組織含む）がデザインされている

1. はじめに ～自己紹介と本講演の目的～
2. 安全とは？ ～現行機械安全～
3. 新たな安全の概念 ～協調安全～
4. 日立建機の実践  
・ 運転支援装置  
・ サイトセーフティソリューション  
・ ZCOREプラットフォーム
5. おわりに

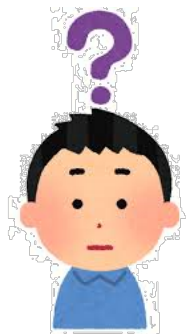


# 従来機械安全からのアプローチ

## 運転支援装置

## 油圧ショベルとタイヤローラ

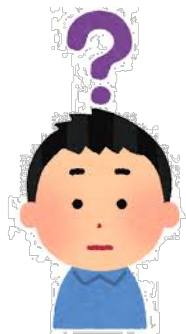
事故事例分析やリスクアセスメント  
からの製品安全設計



「下記の運転支援システムにおいて、検知範囲に対象物の一部がはいつたときのステレオカメラの検知率が、50%、95%、99.9999%のときでどれが一番安全か？」  
※簡単のため、誤検知、好ましくない検知は無いものとする



**検知すると自動停止**



「下記の運転支援システムにおいて、検知範囲に対象物の一部がはいつたときのステレオカメラの検知率が、50%、95%、99.9999%のときでどれが一番安全か？」  
※簡単のため、誤検知、好ましくない検知は無いものとする



**検知すると自動停止**

**(答) 稼働条件・作業条件に、人の行動特性をあわせて  
リスクアセスメントしてみないと、なんとも言えない**

## 自動運転技術の進歩により期待が大きいが、課題も多い

### 1. 人（オペレータ）の特性

- ・ 合理的に予見可能な誤使用
- ・ 人の“不完全性の支援”と“過信・サボリ”のトレードオフ
- ・ 運転支援のパラドックス

### 2. “誤検知”や、“望ましくない検知”に起因する新たなリスク

### 3. 事故責任の配分（設計技術者の過大な責任）等々



これらを考慮した製品安全設計が求められる

運転者死亡

積載走行転倒・転落

走行転倒・転落

旋回転倒・転落

地盤崩壊転倒・転落

走行後退

(轢かれ5、激突? 1)

周囲者・作業者死亡

旋回 (作業機除、全て後端挟込)

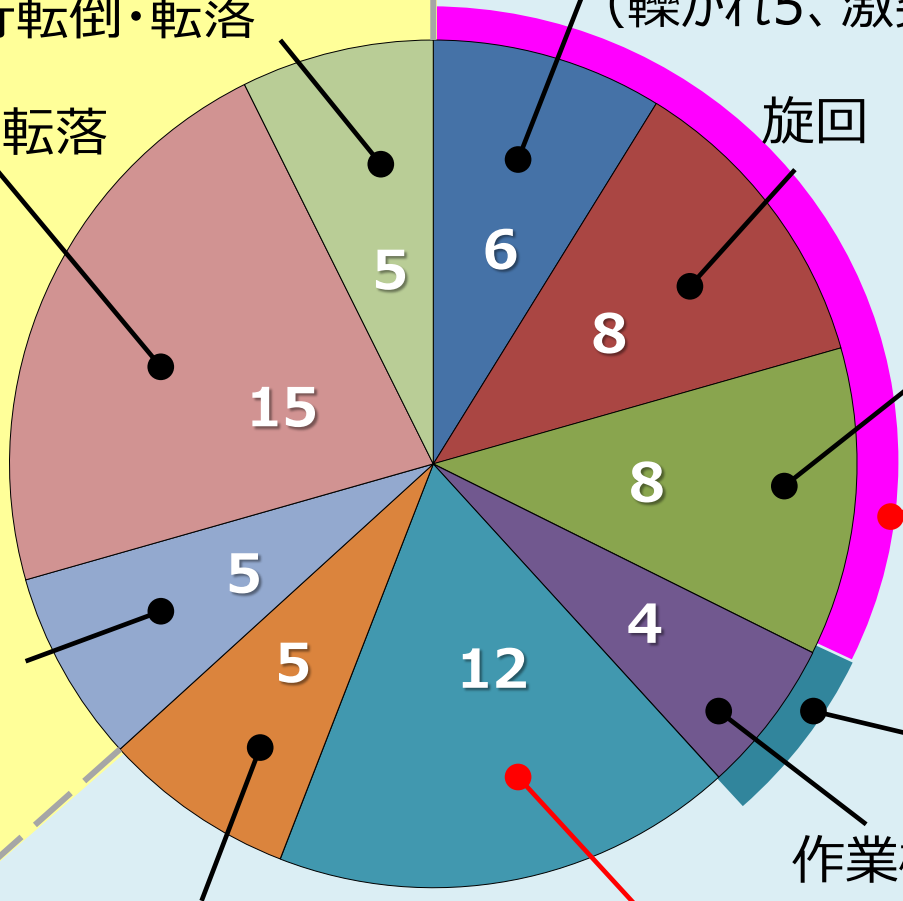
作業機

作業機

運転者が周囲者・作業者を認識できてなかった

運転者が周囲者・作業者を認識していた

意図せぬ作動



# ▲erial▲ngle STEP III

## 「物体検知+動作制限システム」

(オプション)

多種多様な環境・用途に  
使われる油圧ショベル  
衝撃、押しつぶし、挟み込み等の他、  
吊り作業や転倒・転落を考慮要

誤作動防止、視界、検知・警告  
動力低減と始動抑止

<https://www.youtube.com/watch?v=y4Bx8wl2Pv0&t=177s>



高精度な作業を支える最新技術

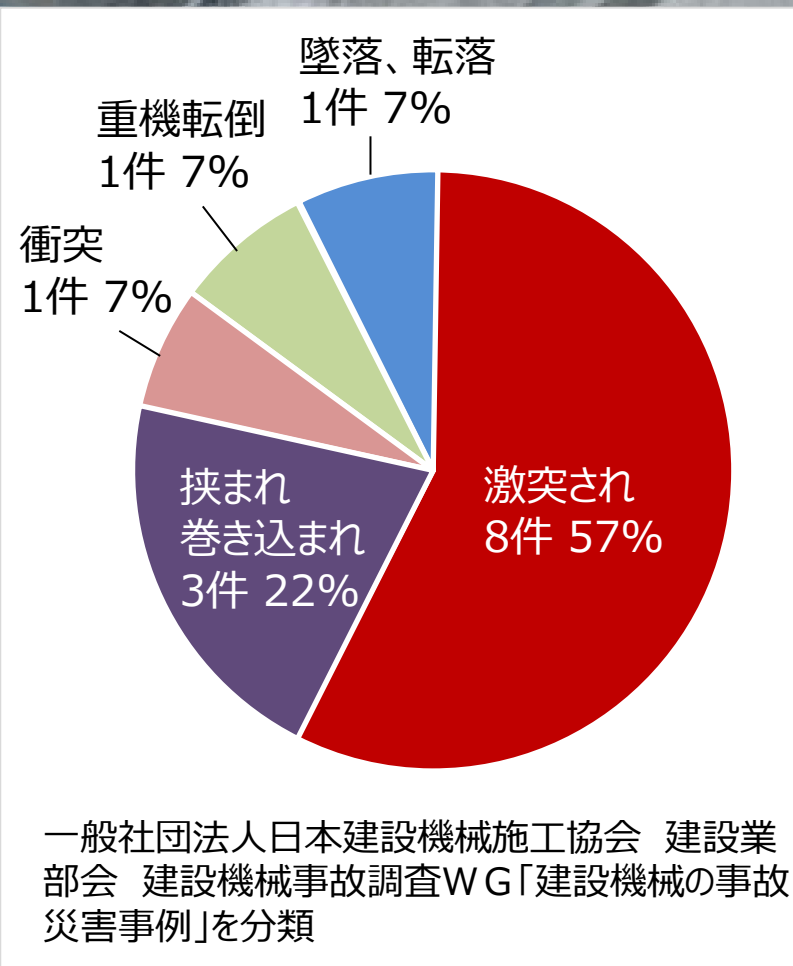
6シリーズ

ZC220P

衝突被害軽減アシスト装置

比較的平坦な場所で  
締め固め用途のみに使われるタイヤローラ

視界、検知・警告  
自動減速・自動停止



[https://www.youtube.com/watch?v=rEaO\\_14Pptg](https://www.youtube.com/watch?v=rEaO_14Pptg)

機械の機能・用途、稼働環境、使用実態、事故事例…  
リスクアセスメント → 安全関連機能の設計 の流れ

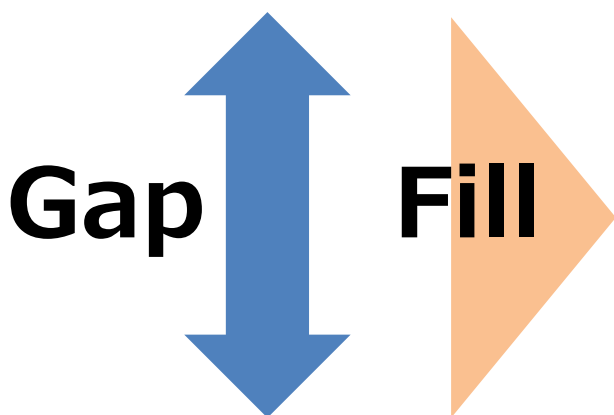
# 協調安全的アプローチ サイトセーフティソリューション

## 例えば、油圧ショベルについて…

ユーザは、自分の現場を安全にしたい  
そのために必要な（自分の現場における）  
油圧ショベルの安全性・安全機能を求めている



安全第一



## サイトセーフティソリューション

お客様の施工現場の安全  
そのものを目指すソリューション  
= ユーザの立場での安全に取り組む

建機メーカーは、様々な環境・用途で使える汎用機械としての油圧ショベルの安全性・安全機能をデザインしている  
また、直接のユーザだけでなく、見えないユーザや、2次流通後の製品使用にも責任を負う

「安全」であるということは「リスク」を認識しているということ

——→ リスク診断・安全衛生活動支援アプリ（2021年中公開予定）

作業・環境条件等入力



- 少ない入力ですぐ使える
- ビジュアルでシンプルなUI
- SNSやメールで結果を共有



轢かれ



衝突



はさまれ



転倒/転落

リスク診断・低減方策 関連するKYT・事故事例



## 元々は、あるお客様の現場ニーズに基づき設計

施工管理者の責任  
作業員の責任

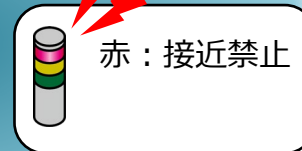
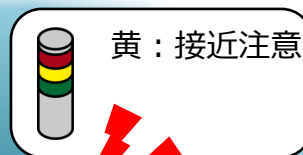
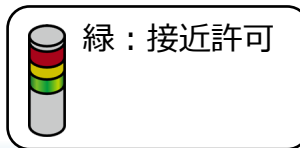
作業員の管理  
→タグを持たせる、持つ



## 協調安全的

機械（製造者）の責任

状態表示  
接近警告  
動力低減



機械とオペレータ  
との情報交換

RFID検知エリア

リスク情報の共有

作業員接近情報  
ヒヤリハット情報などの共有



稼働情報ログ  
(ドライブレコーダ)

周囲作業員との情報交換  
→ステータス表示灯



## ステークホルダ（管理者、オペレータ、周囲作業員）間の 情報共有・連携により、人を安全に導く

# ZCORE<sup>®</sup> プラットフォーム



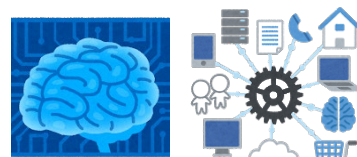
## 従来型建設機械と自律型建設機械はシステム設計の基本概念が全く違う！



出典：MINING.COM



従来型建設機械は、  
工具に近い概念  
(使用者に責任)



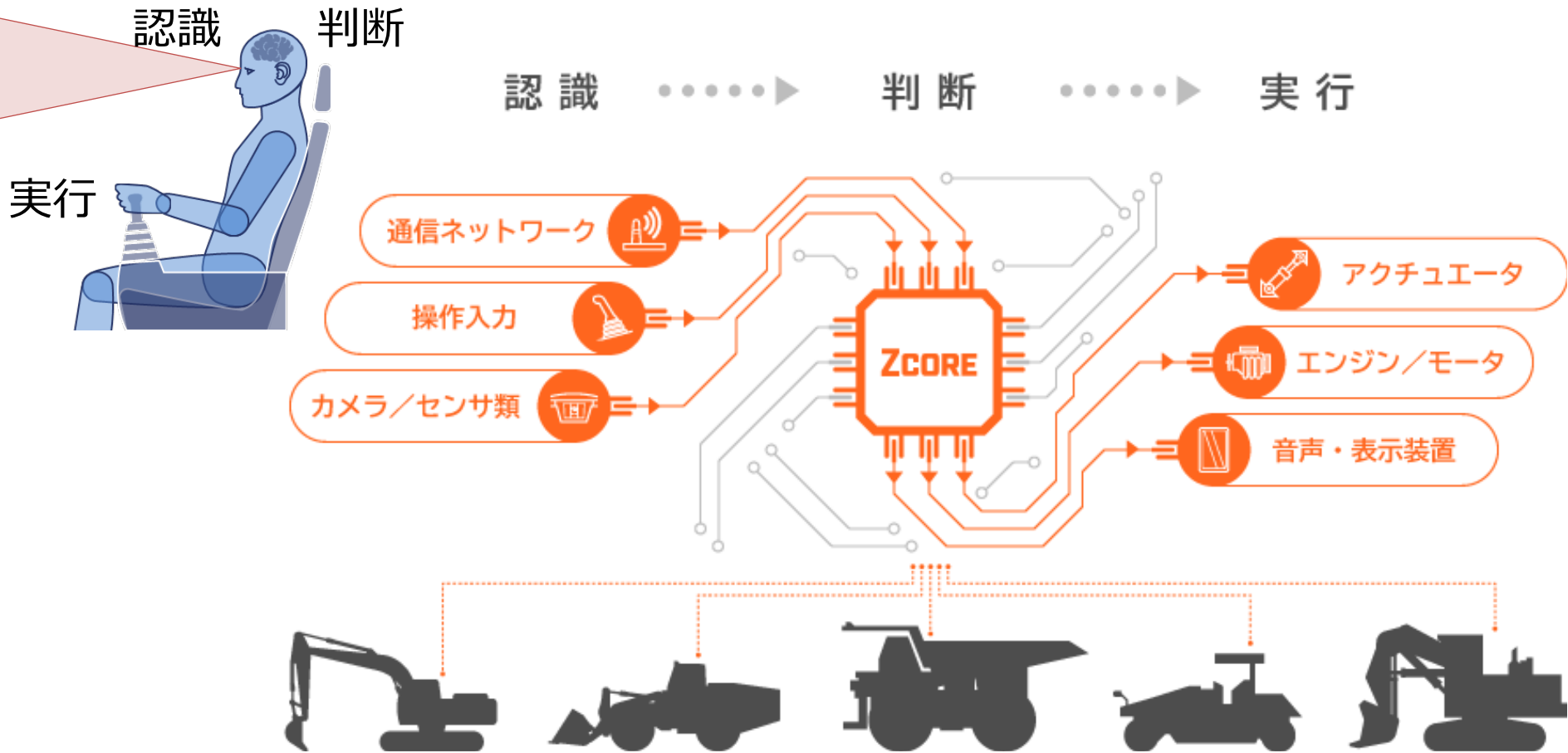
AIやICT、高度  
センシング技術  
を使って  
機械が責任



出典：ウェイモ

「自動運転システムの開発は運転者を開発するのと同義」

清水 直茂 日経クロステック 2020.12.23記事より引用



「認識」「判断」「実行」で整理されたアーキテクチャ  
多様なデバイスや自動化機能を容易に実装可能





**2作業機 (チルトローテータ+PATブレード) + 旋回・走行  
計11個のアクチュエータを同時に制御**

1. はじめに ～自己紹介と本講演の目的～
2. 安全とは？ ～現行機械安全～
3. 新たな安全の概念 ～協調安全～
4. 日立建機の実践  
・ 運転支援装置  
・ サイトセーフティソリューション  
・ ZCOREプラットフォーム
5. おわりに



## ISO/IECガイド51

**安全の基本概念**

**リスクアセスメント 3ステップメソッド**



## ISO12100 (JIS B9700) 機械類の安全性

**フェールセーフとフルプルーフ・隔離と停止**



**本日の講演**

## 労働安全衛生マネジメントシステム

**OHSMS18001→ISO45001 (JIS Q45001)**

## 建設業労働安全衛生マネジメントシステム

**コスモス(COHSMS)**



**安全第一**

**ISO9001的プロセスアプローチ PDCA**

## 安全で生産性の高い施工現場の実現

どうやったら実現できるのか？

1. 現行の安全（労働安全と機械安全）の理解
2. 施工現場特有の要件、困難さの認識 ⇔ 一般製造業（工場等）
3. 新しい技術（ICT、AI、センシング技術等）の理解
4. 現行の安全の方法論と、要件(2)や新技術(3)に対するギャップ
5. 新しい安全の概念や方法論

**「協調安全」 サイトセーフティソリューション**

**6. 新たな施工プロセスや施工ツール（建設機械含）**

**ZCORE®プラットフォーム**



## 安全で生産性の高い施工現場の実現

どうやったら実現できるのか？

協調安全の実現は、ステークホルダが連携すること  
本日の講演がその一助になることを祈ります

日立建機株式会社  
研究・開発本部 技監  
枝村 学

本講演に関する問い合わせは全て枝村までお願いします。

**END**

**建設機械施工への協調安全の適用のために**

～現行労働安全・機械安全の課題と新たな概念の必要性～

2021年2月25日

 **日立建機株式会社**

研究・開発本部 技監

枝村 学