

# BBLセミナー プレゼンテーション資料

2021年5月12日

【グローバル・インテリジェンス・シリーズ】

首都直下型地震に備える

—地震動予測技術の驚くべき経済効果とは—

株式会社ミエルカ防災 取締役

柳澤 繁

**首都直下型地震に備える  
-地震動予測技術の驚くべき経済効果とは**

(株) ミエルカ防災  
柳澤 繁

## I .はじめに

もし満員電車で通勤中に直下型地震が起きたら....



最近の震度4以上の地震

表-1

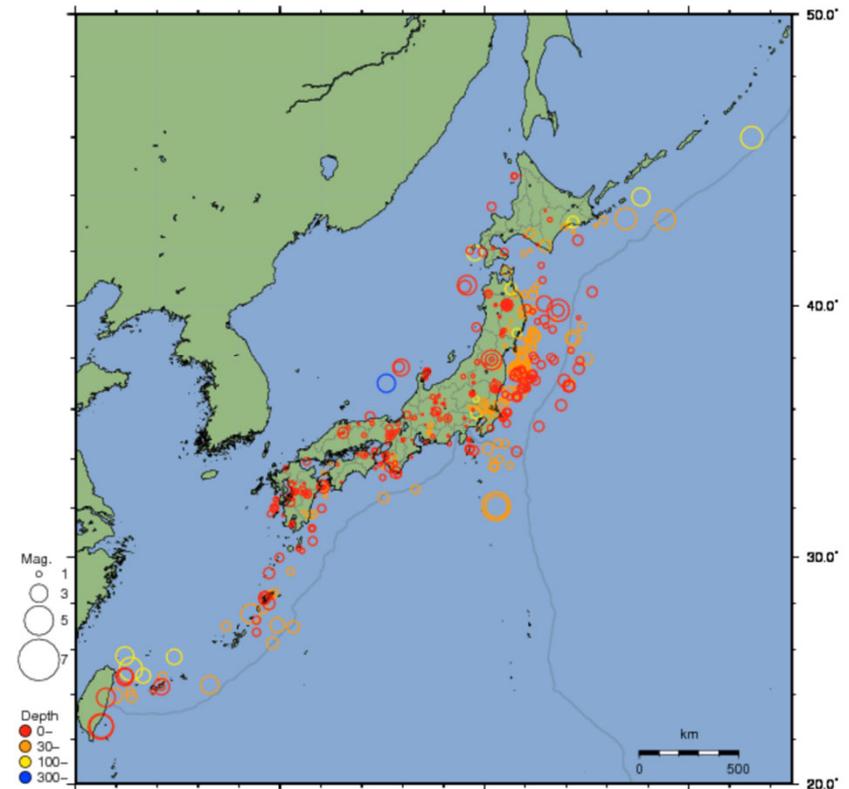
日時	震源地	マグニチュード	最大震度
2021.5.6	熊本県熊本地方	M4.0	4
2021.5.1	宮城県沖	M6.8	5+
2021.4.10 ~4.21	トカラ列島近海	M3.8~M5.2	4
2021.4.18	宮城県沖	M5.8	5+
2021.4.18	広島県北部	M3.9	4
2021.3.20	宮城県沖	M6.9	4
2021.3.17	福島県沖	M5.3	4
2021.3.16	茨城県南部	M4.8	4
2021.3.15	和歌山県北部	M4.6	5-

日本では毎日のように地震が起きている

## 地震慣れ

→ 次も大丈夫だろうという「思考停止」に  
(正常性バイアス)

過去3ヶ月の震源リスト (気象庁HPより)  
※2021年5月8日まで



## 巨大地震の被害想定(最悪ケース)

表-2

	発生確率	マグニ チュード	死者	経済被害
首都直下 地震	今後30年 以内70%	M7	2万3千人	95兆円
南海トラフ 地震	今後30年 以内に70 ~80%	M8~M9	32万人超	220兆円

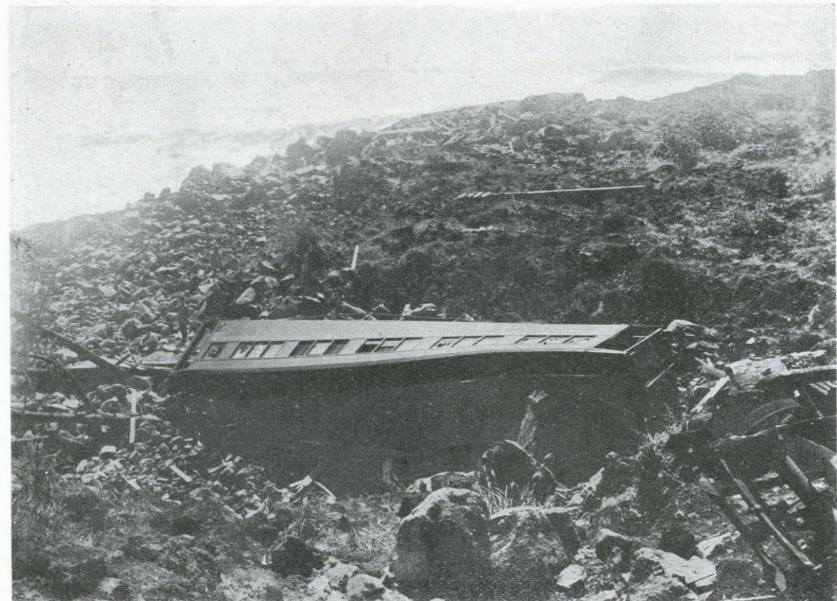
(政府地震調査委員会)

南関東は歴史的に何度も大きな震源地となってきた

### 1855年 安政江戸地震



### 1923年 関東大震災



海共基線は車列めたの流泥に閉め、た五分後災震大は車列り下の中車停折折はに野川の根たふ港に特折の災震大東門 近附川府根  
。たみてめ極を状態たし絶に証言くも人一は者存生がたみてはつ横に際打渡はみの車客一の後長るみに圖てしそ。たつましてし没埋落理に中

Wikipediaより

## 海溝型と内陸型（直下型）

地震は止められない ⇨ 被害は減らせる

ソフトウェアで地震動（地震による地面の揺れ）を直前に予測  
⇨ 電車脱線防止



（国土交通省資料より）

## Ⅱ.ユレーマスサービスについて

ユレーマスサービスは、ミエルカ防災独自のユレーマスシステムと気象庁の緊急地震速報(事業者用:EEWと呼ぶ)を組み合わせ、地震の震度予測を行い、お客様に事前に通知するサービスである。

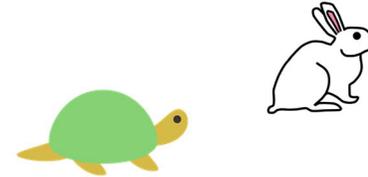
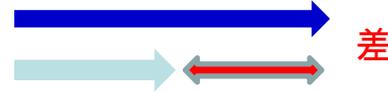
ユレーマスシステムの特徴は(別紙 図-1参照)、初期振動(P波)を高速かつ精度の高い検出方法で捉え、主要振動(S波)の大きさを予測し、通知する。

次の特徴は、震源地近くのユレーマスシステムで捉えた初期振動(P波)を他地点のユレーマスシステムにネットワークで伝達することにより、P波とS波の時間差より、大きな猶予時間を確保できることである。

図-2にユレーマスシステムの基本構成を示す。

ユレーマスの特徴 ① P波とS波の時間差を活用

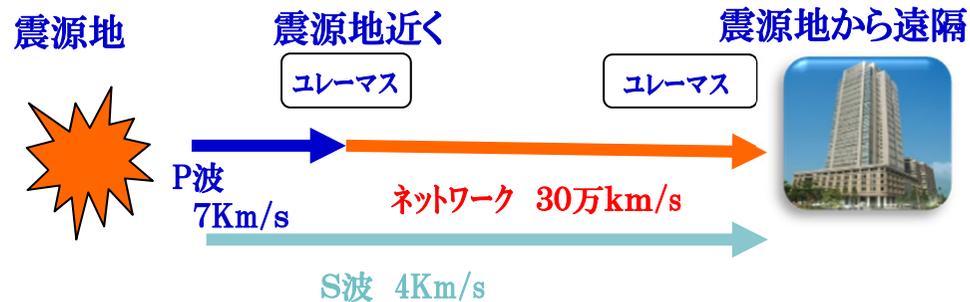
P波:秒速 約7km  
S波:秒速 約4km



→ P波  
→ S波

P波（初期振動）とS波（主要振動）の時間差を利用！

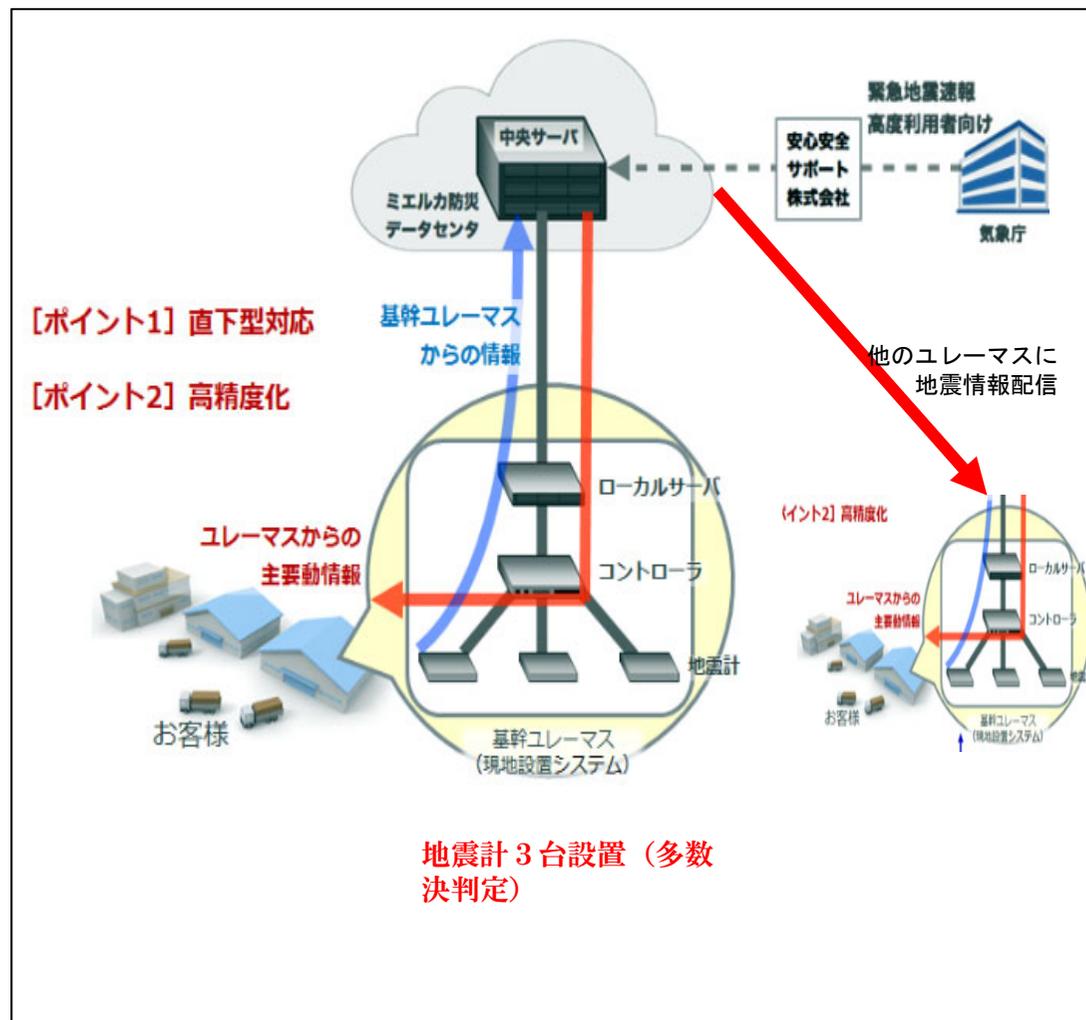
ユレーマスの特徴 ② ネットワークを活用



震源地近くに地震計があるとネットワークを介してより早く知らせることができる！

# 《基幹ユレームス》基本構成

## 直下型地震＋海溝型地震に対応！



1、お客様ビルに設置

「3台の地震計」

多数決判定で誤検知防止

2、ネットワーク

「最初に検知した地震情報（P波）」を、ネットワークを介して連絡

3、地震予測精度が高い

自身のビル設置の地震計のため（特定場所間で計算・データ蓄積）

4、気象庁の緊急地震速報も活用

回線：インターネットVPN（NTT有線）＋バックアップ（ドコモ無線）  
センター：NTTコミュニケーションクラウドサーバ

### Ⅲ. 外部経済効果 (EEBE<sup>®</sup> : External Economic Benefit Evaluation )

#### EEBE<sup>®</sup>とは？

「従来の財務諸表では捉えられない、企業の事業活動やプロジェクトから生ずる外部経済に対する積極的経済効果を把握するもの」

\* CLUB ECOFACTURE の登録商標



Navigation menu items:

- ▶ ECOFACTURE<sup>®</sup>
- ▶ EEBE<sup>®</sup>
- ▶ 活動報告
- ▶ EEBE<sup>®</sup>ガイドライン
- ▶ プレスレポート
- ▶ 会員一覧
- ▶ 設立趣意
- ▶ お問い合わせ

EEBE<sup>®</sup>シンポジウムレポート  
▶ EEBE<sup>®</sup>シンポジウムの詳細はこちら

**ECOFACTURE<sup>®</sup>とは**

20世紀型のマニュファクチャーにエコロジーの観点を積極的に加え持つ、21世紀型の新しいコンセプトです。  
[▶ 詳細ページへ](#)

**EEBE<sup>®</sup>(External Economic Benefit Evaluation)とは**

企業の新しい価値指標の提案

従来の財務諸表では捉えられない、企業の事業活動やプロジェクトから生ずる外部経済に対する積極的経済効果を把握するものです。

財務諸表監査と並ぶ企業評価の軸に

監査法人またはその関連法人の関与により第三者評価を確保します。  
マーケットが新しい視点から企業価値の評価を与える時代が来ます。  
[▶ 詳細ページへ](#)

#### IV. 大阪・京都近郊で巨大地震が起きた場合の鉄道（京阪電気鉄道株式会社）へのユレマスシステム導入の外部経済効果（EEBE®）を考察

##### 【前提条件】

1. 京橋駅（大阪）と三条駅（京都）にユレマスシステムを1基ずつ設置。  
電車には『電車ユレマス』を装備。
2. ①有馬一高槻断層帯を震源とする慶長伏見地震（1596年、M7.5）  
②上町断層帯で起きた地震（1579年、M6.0）  
③京都盆地－奈良盆地断層帯で起きた地震（976年、M6.7、1317年、M6.8）  
④大阪北部地震（2018年、M6.1）  
についてシミュレーションする。  
地震規模はマグニチュード7.3、最大震度7を想定  
（阪神・淡路大震災と同じ規模：震源深さ16Km）
3. 朝の8時台のラッシュ時間帯に京阪本線全線で震度7の揺れが起きたと想定。  
特急、快速急行、通勤快速急行は70kmで走行と仮定。

**4つの地震想定による**  
 京都盆地（山城・近江の）地震  
 （976年 M6.7、1317年 M6.8）  
 大阪北部地震（2018年 M6.1）  
 慶長伏見地震（1596年 M7.5）  
 上町台地地震（1579年 M6.0）

**ユレマス 2 基設置**  
 京都三条駅、大阪京橋駅

**3 駅への地震速報シミュレーション**  
 伏見稲荷駅、枚方駅、天満橋駅

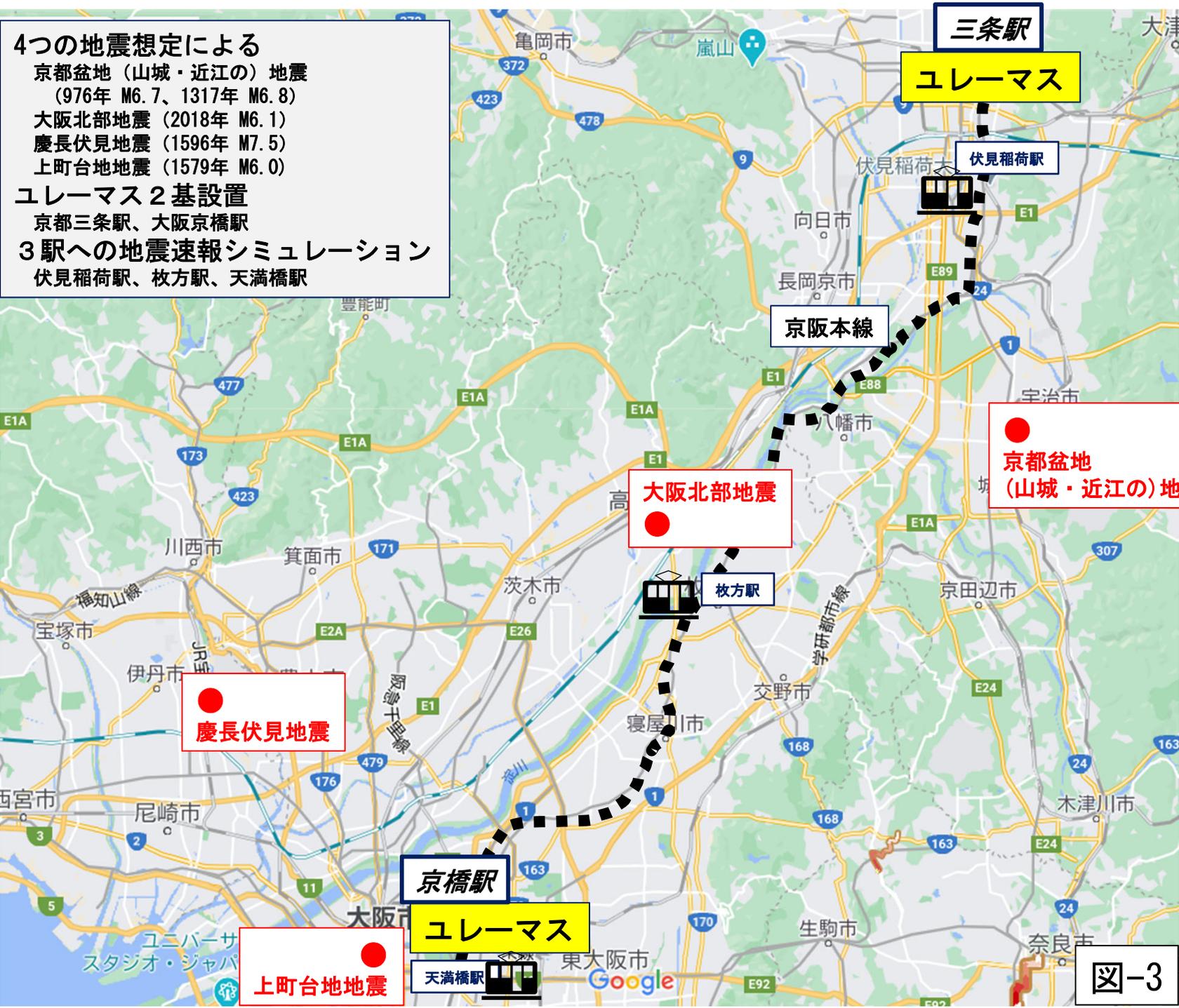


図-3

## V. 脱線の被害想定

1. 早朝の阪神・淡路大震災では16本の電車が脱線
  - 脱線箇所は気象庁発表の震度階級7の被災地域とほぼ一致
  - 飛び上がり脱線により脱線したと推定されるものあり
2. 脱線時の被害想定としては、石屋川手前で高架橋崩壊と陸橋落橋という未曾有の被災現場で全軸脱線した阪神下り4両編成の例がある。被災時の速度は65Km/hで脱線し停止するまでに60m走行したと判断され、この距離から平均減速度を求めると9.8(Km/h)/s (非常ブレーキによる減速度の約2倍)
3. 脱線したJRの客車、貨物列車のケースでは85Km/hで走行中の減速度は最低でも12.5(Km/h)/s、80Km/hで走行中の列車では11.8(Km/h)/s (非常ブレーキの約3倍)

\* 「阪神大震災における鉄道車両の被災状況：永瀬和彦外、日本機械学会論文集63巻606号」



内閣府HPより  
阪神淡路大震災

4. 「列車衝撃時における乗客の挙動と危険度評価に関する研究」：井原毅外 ではラッシュ時10(人/m<sup>2</sup>)で70(Km/h)で走行中の電車が非常ブレーキを使用し停車する時の乗客の挙動を分析しているが、脱線時の乗客の危険度は減速速度と車両の傾きにより大きな被害が出ると述べている。

(参考) JR西日本福知山線脱線事故 (7両編成の前5両が脱線)

表-3

乗客数	669名	(100%)
死亡者	107名	(16%)
重傷者	139名	(21%)

→ **脱線を起こしてはならない!!!**

## VI. 脱線の被害想定:ユレーマス未設置の場合

京阪本線平日8時台の上り・下りで48台の電車が軌道上を走行  
車両編成は、7両と8両が半々

全線震度7であったと想定

駅に停車しておらず走行している割合を7割

1台800名の乗客を想定、福知山線の数値を適用

表-4

乗客数	27,000名
死亡者	4,300名
重傷者	5,700名

## VII. ユレーマス設置の場合の減災

現在京阪電鉄では気象庁の緊急地震速報を利用したシステムを装備  
(京阪鉄道安全報告書2017)

→ 内陸で起こる直下型地震においては地震到達前の予測は困難  
ユレーマスの方が地震到達前に早く通知できる(参考-1参照)。

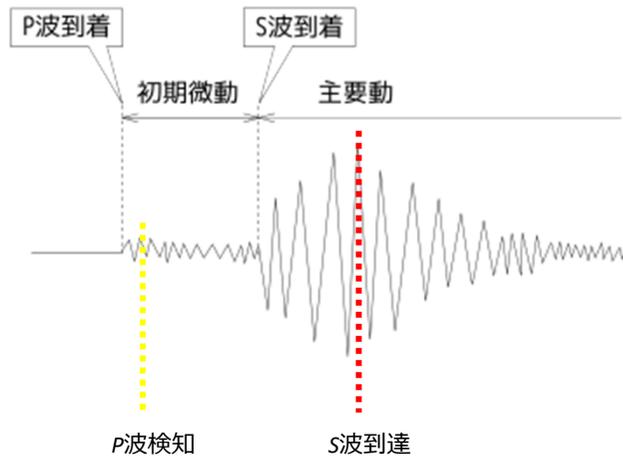
- ・地震発生時には運転台に地震情報(P波)が通知

- ・各電車の電車ユレーマスはGPSによる位置情報から  
電車走行位置の予測震度を計算

= 予測震度が閾値を超えたら各電車の非常停止ブレーキが作動  
(運転士に通知し手動による非常停止ブレーキの操作も可能  
震度7以上では自動ブレーキ、震度5、6では手動ブレーキ  
と使い分けることも可能)

# 高速P波検知と誤判定防止の改善（特許出願中） とユレーマス観測実績

参考-1



$$P \text{ 波 (gal)} \times \alpha \text{ 係数} = \text{予測震度 (gal)}$$

## 【特許出願中】

- ① P波検知時間を従来比50%削減（最速0.55秒）
- ② 微小イベント、先行破壊の除去による誤判定防止

微小イベント：大きな地震に至らない微小な地震現象  
先行破壊：大地震のP波に先立って発生する破壊現象

【2018年1月から2020年5月までの地震48件  
検知107件の実績】

地震の見逃し、空振りは0件

地震48件

- ユレーマスから50km以内の震源 22件  
95%の地震においてユレーマスが気象庁  
「緊急地震速報」より早期に検知
- ユレーマスから50km以遠の震源 26件  
23%の地震においてユレーマスが気象庁  
「緊急地震速報」より早期に検知

検知107件の予測精度

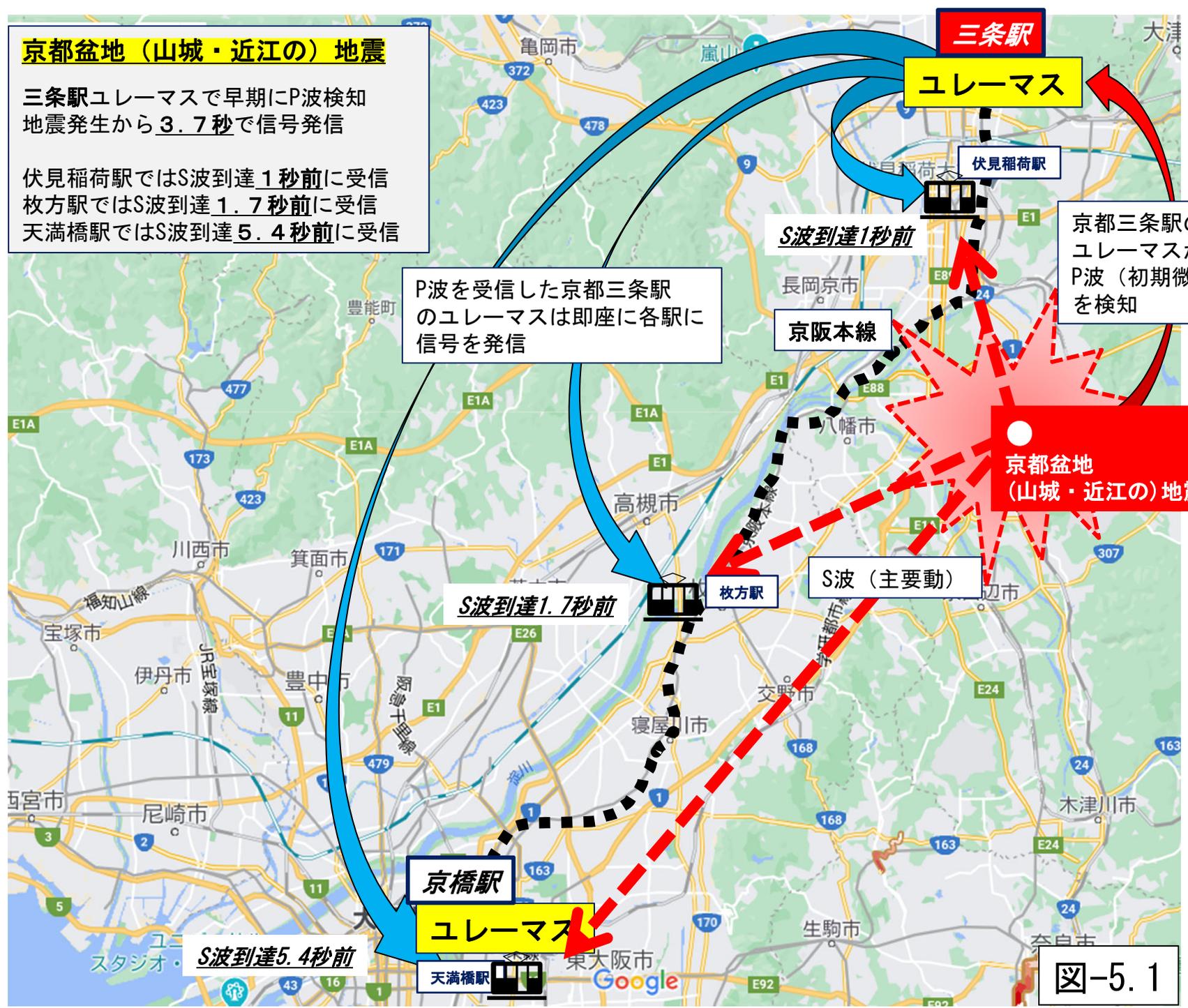
±0.5（計測震度）



### 京都盆地（山城・近江の）地震

三条駅ユレームスで早期にP波検知  
地震発生から3.7秒で信号発信

伏見稲荷駅ではS波到達1秒前に受信  
枚方駅ではS波到達1.7秒前に受信  
天満橋駅ではS波到達5.4秒前に受信



P波を受信した京都三条駅のユレームスは即座に各駅に信号を発信

京都三条駅のユレームスがP波（初期微動）を検知

京都盆地（山城・近江の）地震

図-5.1

## 大阪北部地震

京橋駅ユレームスで早期にP波検知  
地震発生から4.0秒で信号発信

伏見稲荷駅ではS波到達2.2秒前に受信  
枚方駅ではS波到達0.1秒前に受信  
天満橋駅ではS波到達2.3秒前に受信



図-5.2

**慶長伏見地震**

京橋駅ユレームスで早期にP波検知  
地震発生から3.6秒で信号発信

伏見稲荷駅ではS波到達6.6秒前に受信  
枚方駅ではS波到達3.0秒前に受信  
天満橋駅ではS波到達1.6秒前に受信



図-5.3

### 上町台地地震

京橋駅ユレームスで早期にP波検知  
地震発生から3.0秒で信号発信

伏見稲荷駅ではS波到達7.6秒前に受信  
枚方駅ではS波到達3.3秒前に受信  
天満橋駅ではS波到達1.0秒前に受信



「伏見稻荷駅」「枚方駅」「天満橋駅」各駅周辺の運行中電車の猶予時間

伏見稻荷駅							
	地震			S波速度 (km/s)			
				4.0			
深さ	震央距離	震源距離①	S波到達時間 ①/4.0 (秒数)	発報時間	猶予時間		
京都盆地地震	16	9.73	18.73	4.7	3.7	1.0	
大阪北部地震	16	19.01	24.85	6.2	4.0	2.2	
慶長伏見地震	16	37.55	40.82	10.2	3.6	6.6	
上町台地地震	16	39.31	42.44	10.6	3.0	7.6	
枚方駅							
	地震			S波速度 (km/s)			
				4.0			
深さ	震央距離	震源距離①	S波到達時間 ①/4.0 (秒数)	発報時間	猶予時間		
京都盆地地震	16	14.24	21.42	5.4	3.7	1.7	
大阪北部地震	16	3.87	16.46	4.1	4.0	0.1	
慶長伏見地震	16	20.97	26.38	6.6	3.6	3.0	
上町台地地震	16	19.42	25.16	6.3	3.0	3.3	
天満橋駅							
	地震			S波速度 (km/s)			
				4.0			
深さ	震央距離	震源距離①	S波到達時間 ①/4.0 (秒数)	発報時間	猶予時間		
京都盆地地震	16	32.52	36.24	9.1	3.7	5.4	
大阪北部地震	16	19.72	25.39	6.3	4.0	2.3	
慶長伏見地震	16	13.52	20.95	5.2	3.6	1.6	
上町台地地震	16	1.72	16.09	4.0	3.0	1.0	

1~8秒は時間が稼げる！

## VIII. ユレームス採用による経済効果

### 1. 内部経済効果

#### ① 電車脱線による損害

48台が走行中で、駅に停車中以外は7割が脱線するところ、その1/3が脱線を免れたとし、電車1両の価格を1億円とする。

84億円：48台×70%×1/3×7.5両

#### ② 電車脱線による線路復旧

脱線車両が減ったことによる復旧費用の軽減。



Wikipediaより

## 2. 外部経済効果

①人命が救えた効果  $EEBE^{\circ} = \sum i$  (被害低減人数  $i$  × 労働賃金  $i$ )

大人と学生の乗車割合を 3:1とする。

死亡した大人の労働賃金 = 生涯賃金の半額

死亡した学生の労働賃金 = 生涯賃金

但し、生涯賃金 = (平均年収) × (平均寿命 - 20)

重傷者は、死亡者の1/3の労働賃金が失われるとする。

死亡者 (大人) 1,800名 :  $440\text{万円} \times (84-20) / 2 \times 1,800 = 2,500\text{億円}$

死亡者 (学生) 700名 :  $440\text{万円} \times (84-20) \times 700 = 2,000\text{億円}$

重傷者 (大人) 2,400名 :  $440\text{万円} \times ((84-20) / 2) / 3 \times 2,400 = 1,200\text{億円}$

重傷者 (学生) 800名 :  $440\text{万円} \times (84-20) / 3 \times 800 = 700\text{億円}$

$EEBE^{\circ}$  効果

6,400億円

(参考 : 京阪HD電鉄部門 2019年度売上高940億円 営業利益110億円)

## ②救助活動に伴う仕事の軽減効果

救急、病院、交通等公共部門の稼働軽減

## ③脱線の被害が軽減されたことにより、公共交通機関としての復旧が早まる効果

直下型地震は、被害範囲が限定される。地域の事業活動、観光事業の早期復旧が可能



警察庁HPより



東京都HPより

減災効果（人命が救えた効果）のまとめ

ユレームス未設置	駅停車中以外の 電車が脱線	死亡者	4,300名
		重傷者	5,700名
ユレームス設置	上記の1/3の電車が脱線を免れ、死傷者も1/3減る	死亡者	1,800名
		重傷者	2,500名
減災効果	救えた人命を 生涯賃金で算出	死亡者	2,500名
		重傷者	3,200名
		経済効果	6,400億円

## Ⅸ.最後に ～ 「命を救う信号」の普及を！

わずか数秒でも地震動を事前に届ければ減災で大きな経済的効果を生み出す

現状：ユレーマスシステムの活用例

- ①高層ビルのエレベーター閉じ込め防止
- ②工場の高価な精密製造機器の破損防止

今後：人、移動体への活用

- ①社会的弱者のいる病院、老人介護施設、幼稚園・保育園、小学校等  
看護師、介護士、教職員等の方々の活用(訓練・研修)
- ②電車や自動車の事故防止  
特に自動運転を展望すると、自動車への搭載は必須
- ③海外への展開  
インドネシア、フィリピン、台湾は地震国

人々の生命と財産を守るべく、さらにソフトウェアの機能向上に努め、寄与していくこととしたい。

本資料は、公表データを基に著者が計算、作成したものである。



国土交通省HPより