

# IC (Intelligent Compaction)

(株)大林組

古屋 弘

# Intelligent Compaction



概要

# IC (Intelligent Compaction)とは

- 米国FHWA(Federal Highway Administration ; 連邦道路局)の政府方針・指導に基づく活動
- IC Strategic Plan (2005. 4)
- [www.intelligentcompaction.com](http://www.intelligentcompaction.com) 参照
- ただし, このような試みはCMV (Compaction Meter Value since 1980)から始まる

# ICの定義(“IC Strategic Plan”より)

- 転圧中にローラ側で材料剛性を測定  
(土※、アスファルト)
- ローラ位置と材料剛性情報等を連続記録
- 剛性値と転圧回数等の締固め情報をリアルタイム表示  
(オペレータ・検査官用)
- 舗装管理システムのデータベースとリンク可能なこと
- 振動ローラの締固めパラメータ(振幅・振動数等)を自動制御可能であること

※ NCHRP(全米協力研究プロジェクト)の  
ICプロジェクト(土工用振動ローラ)と並行実施

# ICの定義（“IC Strategic Plan”より）

- 転圧中にローラ側で材料剛性を測定  
（土※、アスファルト）
- ローラ位置と材料剛性情報等を連続記録
- 剛性値と転圧回数等の締固め情報をリアルタイム表示  
（オペレータ・検査官用）
- 舗装管理システムのデータベースとリンク可能なこと
- 振動ローラの締固めパラメータ（振幅・振動数等）を自動制御  
可能であること



- 情報化によるより良いQC/QA
- 締固め品質の均一化
- 道路構造物の長寿命化
- コスト削減
- 道路の維持管理に活用

# IC (RMV)のあゆみ

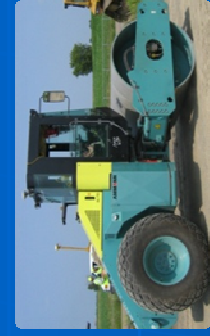
- **RMV : Roller Measured Value**  
→【品質管理に活用】 IC技術はもちろんであるが、  
広義にはコンパクションメータも含まれる
- **CMV (Compaction Meter Value)**  
Turner, 1980
- **CCV (Compaction Control Value)**  
Sakai, 2005
- **Measure stiffness : 地盤の物理的な値との対比**  
RMV Stiffness (Andergg et al. 2004)  
**Evib** (Kloubert, 2006)  
乱れ率→Eroller(建山・藤山)→ **$\alpha$ システム** 2002

# Intelligent Compaction

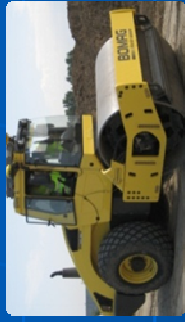


参加しているメーカーと特徴(概要)

# 主なメーカーの技術



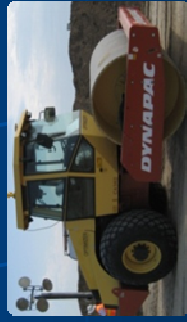
Case/Ammann:  $k_s$



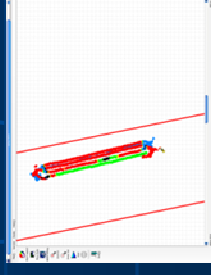
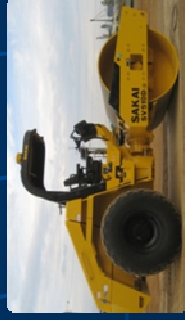
Bomag:  $E_{VIB}$



Caterpillar:  
CMV, RMV, MDP



Dynapac:  
CMV, Bouncing Value



Sakai: CCV



# ICの主な技術

Vendors	IC system	Accelerometer	Unit	Measurement and Analyzing method	CAD Compatibility
Caterpillar	CMV	Yes	None	$\text{GeodynamikCMV} = C \left( \frac{A_{2\Omega}}{A_{\Omega}} \right)$ $\text{MDP} - P_g - WV \left( \sin \alpha + \frac{a}{g} \right) - (mV + b)$	None
Dynapac	CMV	Yes	None	$\text{GeodynamikCMV} = C \left( \frac{A_{2\Omega}}{A_{\Omega}} \right) \quad \text{Bouncing Value} = \frac{A_{0.5\Omega}}{A_{\Omega}}$	None
Sakai	CCV	Yes	None	$\text{CCV} = \left[ \frac{A_{0.5\Omega} + A_{1.5\Omega} + A_{2\Omega} + A_{2.5\Omega} + A_{3\Omega}}{A_{0.5\Omega} + A_{\Omega}} \right] \times 100$	Yes(2&3D)
Ammann	ks	Yes	MN/m	$ks = 4\pi^2 f^2 \left( md + \frac{m_r \gamma_i \cos(\varphi)}{A} \right)$	Yes
Obayashi-Maeda	Alfa	Yes	MN/m <sup>2</sup>	$Ft = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S'_i}{S_0 + S'_0} \cdot \frac{F}{(m_1 + m_2)g}$ $E = \frac{2 \cdot (1 - \nu^2)}{B \cdot \pi} \cdot \frac{1 - 0.32\alpha + \sqrt{0.1024\alpha^2 - 1.64\alpha + 1}}{(m_1 + m_2)g}$ $\alpha = 1 - \left( \frac{F}{(m_1 + m_2)g} \right)^2$ $Z_a = \frac{(1 - \nu^2)}{E_{11B}} \cdot \frac{F}{L} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \left( 1.8864 + In \frac{L}{B} \right)$ <p>where, <math>B = \sqrt{\frac{16}{\pi} \cdot \frac{R(1 - \nu^2)}{E_{11B}} \cdot \frac{F}{L}}</math></p>	Yes(2&3D)
Bomag	Evib	Yes	MN/m <sup>2</sup>		None

# Intelligent Compaction



見学させていただいた BOMAG 社



見学地(現地工場)

**BOMAG Germany**



• Light Equipment

• Asphalt

• Soil & Sanitary Landfill



登坂性能

# Intelligent Compaction



施工機械のIT化の状況  
BOMAG社の例

# 施工機械の締め固めの自律制御 VARIOCONTROL

## VARIOCONTROL single drum rollers with directed vibrator system adjustable and automatically regulating



**low dynamic energy**  
due to horizontally  
directed vibrations

**Compaction effect**  
Deadweight and dynamic energy,  
the compaction effect is automatically  
adapted to compactibility of material,  
layer thickness and subbase.

**high dynamic energy**  
due to vertically  
directed vibrations

**Applications:** all soil types,  
granular bases and subbases.

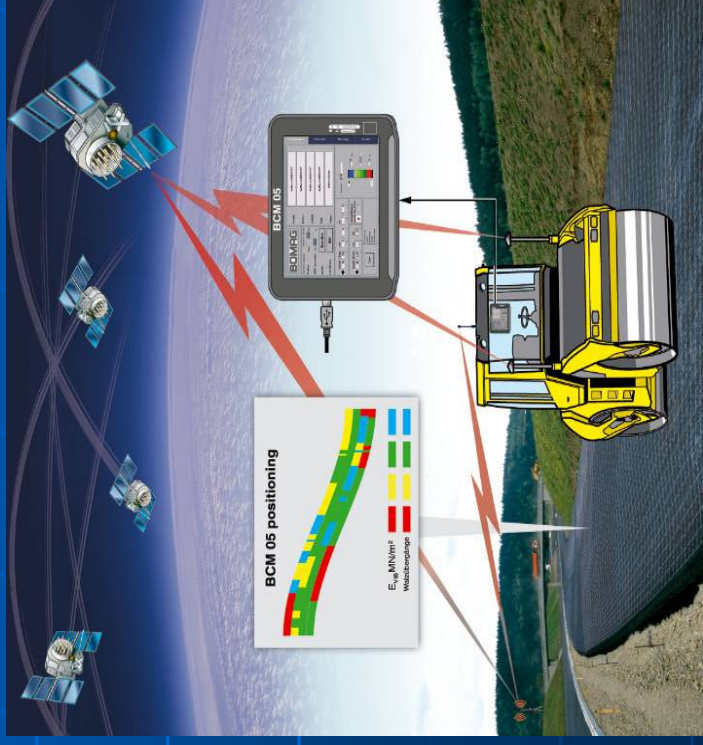
Gravel-sand

# ICシステム

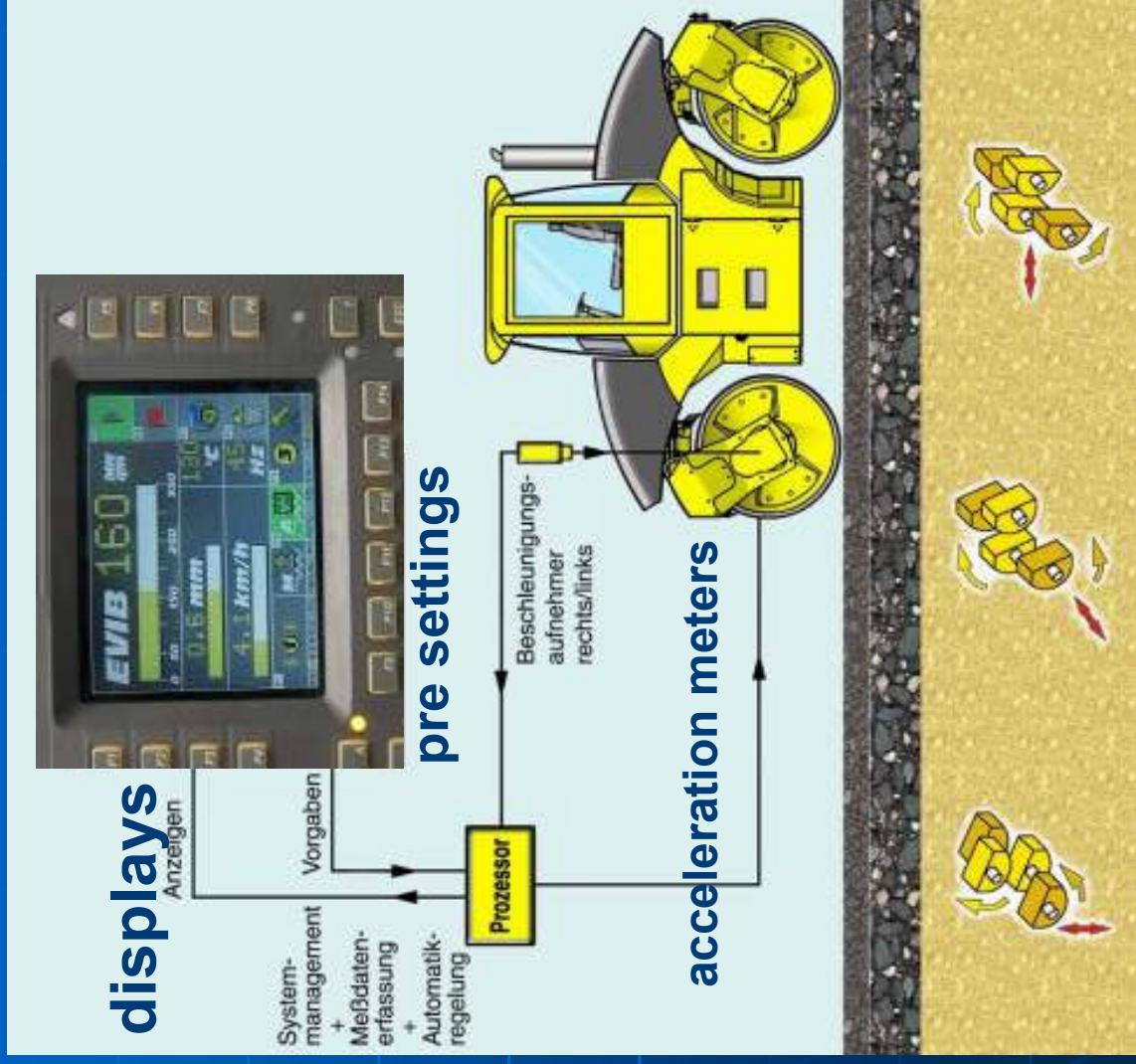
ICを実現するためのシステム：日本でのICTとほぼ同様

車載システム：GPSは利用するが使わないシステムもある

記録システム：記録(帳票化)をしない場合もあり：現場管理



# VARIOCONTROLによる「ICの実現」



施工中にドラムの  
加速度計測



Dynamic stiffness value

EVIB (MN/m<sup>2</sup>)



施工路面の固さの判定



ローラ振動の制御

まだ柔らかい → 鉛直振動  
固い(締固められた) → 水平振動



# 締固めの状況（車載システムの変化）



転圧回数 1  
(E vib = 90)

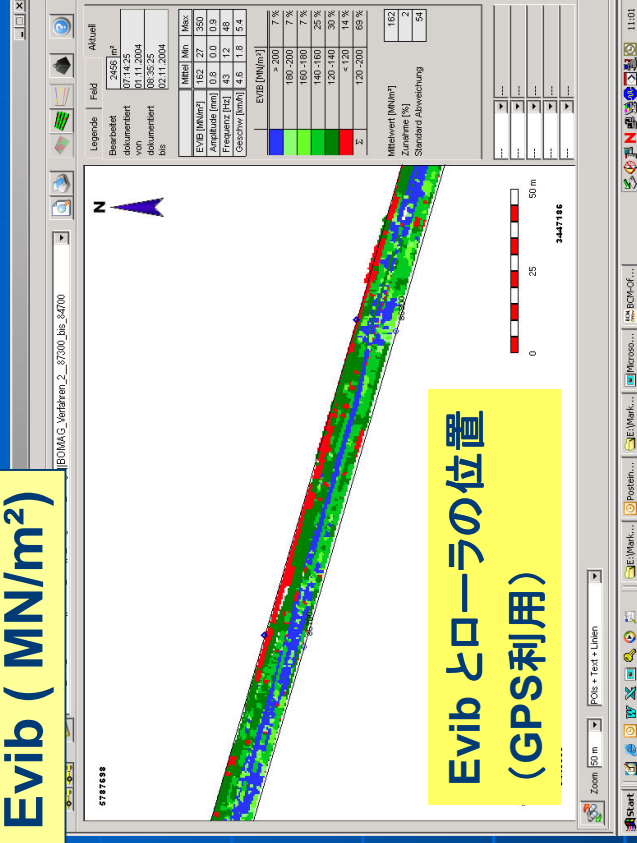


転圧回数 2  
(E vib = 160)

**BOMAG Asphalt Manager on asphalt base course, 14 cm**

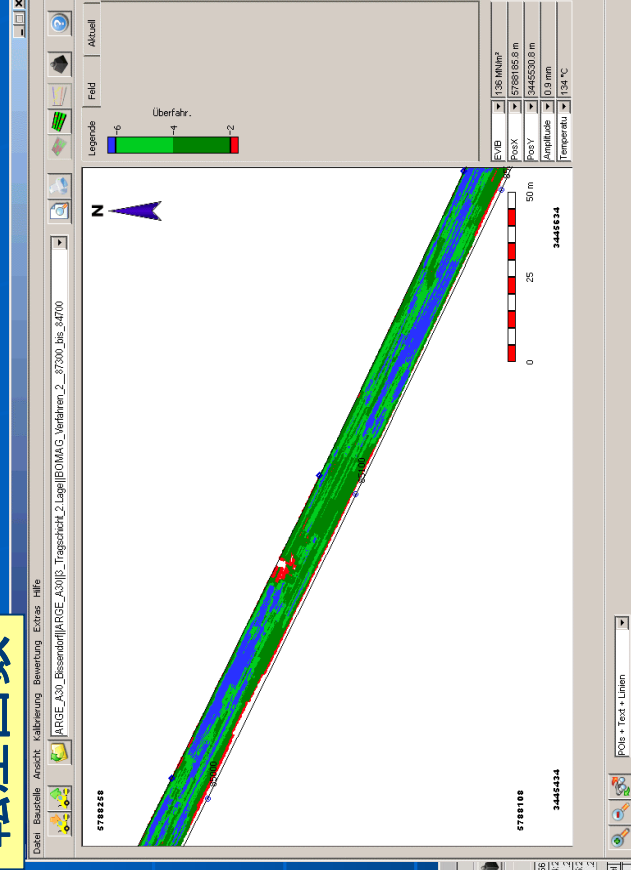
# 締固めの記録 (アスファルト舗装の場合)

Evib ( MN/m<sup>2</sup>)



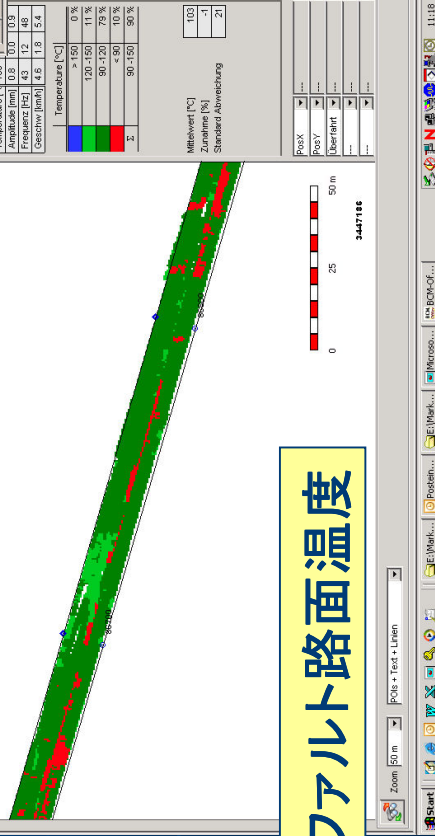
Evib とローラの位置  
(GPS利用)

転圧回数



施工状況(品質)の記録

アスファルト路面温度



ICの重要なポイント

# Intelligent Compaction



実施工現場の見学

# ICの適用現場 (1/3)

## Koblenz近郊の舗装工事

- 舗装の改修 : 片側1車線ずつの打ち替え
- 延長 約1km
- マスチックアスファルト 5cm × 2層



施工現場 : 昼間施工

500mくらいは片側通行 → 一般車は待っている

# ICの適用現場 (2/3)

## Koblenz近郊の舗装工事

- マスチックアスファルト 5cm × 2層
- 8tクラスタンDEMローラ×2台のみ(同一機種)  
→ 振動(アスファルトマネージャー) + 無振動
- 規定転圧回数 4回 → ただし加速度計と温度センサーで  
転圧管理



同一のタンDEMローラを2台使用  
先行車：振動 2台目：仕上げ(無振動)



マスチックアスファルト

## ICの適用現場 (3/3)

- アスファルトマネージャー： **Evib**による振動の制御  
→ 固くなると鉛直振動から水平振動
- ただし, **GPS**は利用していない  
→ 施工管理(現場での判断)に利用
- 車軸からのデータを用いて位置管理を行うシステムもあり



施工状況：運転席(キャビン)より



アスファルトマネージャー搭載  
各種情報表示： **Evib**, 路面温度  
車速 など

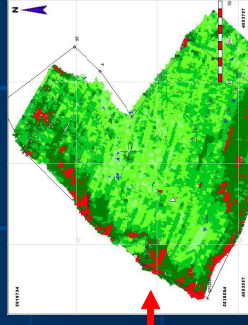
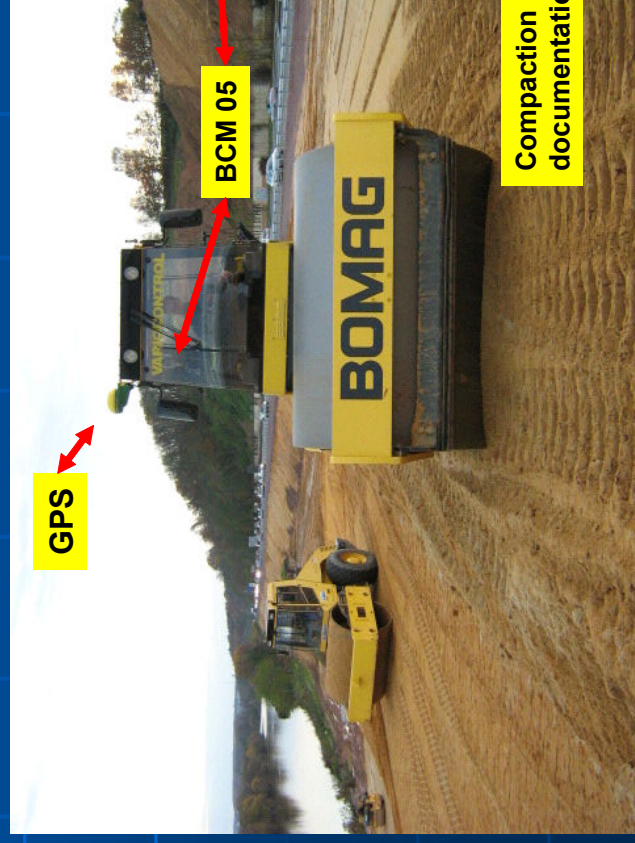
# Intelligent Compaction



重機に対する考え方の違い

# ICを考える上で：重機と人間の関係

- **安全性の徹底的な追求**：キャビン(乗員の保安) 各種安全装置 (シートベルト, 着座センサ など) 各種表示(走行速度 など)
- **快適性**：キャビン(エアコン) 柔らかいダンパー(ただし交換頻度は高くなる)
- **品質管理規定を考慮した対応**： 下図参照



ICローラの例  
(GPSを利用したシステム)



**Presented by Dr. Furuya**

***Thank You !***

