

【WEOL01】

インバリアント分析技術を活用した
加速器システム等の異常に対する予兆検知・診断
PREDICTIVE DETECTION & DIAGNOSIS OF ACCELERATOR SYSTEM
USING SYSTEM INVARIANT ANALYSIS TECHNOLOGY (SIAT)

日本電気株式会社 相馬 知也、高城 真弓
高エネルギー加速器研究機構/J-PARC 石井 恒次
東北大学/岩手大学 吉岡 正和

課題

- 加速器設備には、制御/監視のために大量のセンサが設置されている
BT/MR/UT(MR関連)だけでも、約14,500ものセンサがあるが、全体的な状態把握が難しい。
- 加速器設備の運用においては、スムーズな実験の遂行および安定した実験データの取得の観点から、設備自体の健全性をリアルタイムで認識しておく必要があるが、人手では困難

本研究の目的

- インバリエント分析による、BT/MR/UT相互間の関係性の把握と異常を予兆検知による設備保全の可能性を探る
- ユーティリティの状態(外的要因)が実験データに及ぼす影響の把握が可能か検証する

加速器設備全体の状態把握と異常の早期検知による実験の効率的遂行

インバリアント分析技術の概要(1/2)

複数のセンサからなる時系列データからインバリアント(関係性)を抽出し監視モデルを作成、それを利用し現在のセンサ時系列から異常を検知する技術



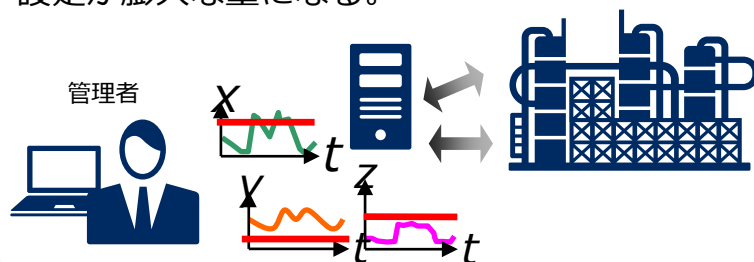
1. それぞれの関係性は、その関係するコンポーネントの局所特性を捉えることができる。
2. 大量の関係性を見出すことで、システム全体の特性を従来とは異なる視点から捉えることができる。
3. それぞれの関係性の変化を監視することでシステムの運用状態を理解することが可能。

インバリエント分析技術の概要(2/2)

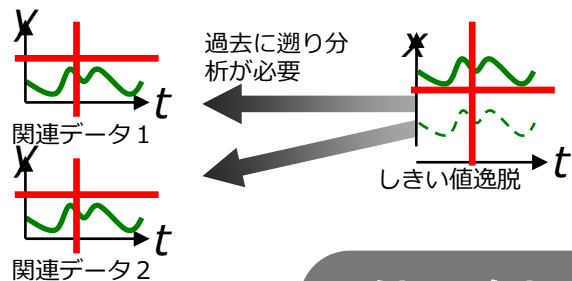
インバリエント分析技術は従来の監視方式とは異なり、複雑な監視設定やしきい値（警報値）設定が不要なため、運転監視の負担を軽減できます。

従来の監視

大規模システムでは、監視をするため閾値の設定が膨大な量になる。



あるデータがしきい値を超えた場合、関連する事象の洗い出しによる原因分析が必要。

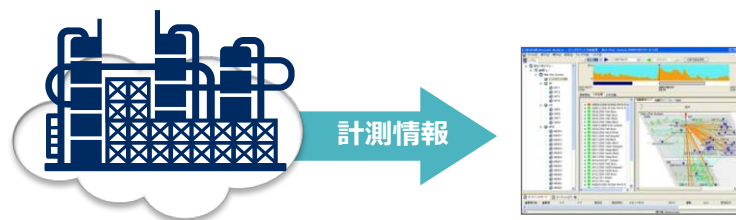


監視の負担

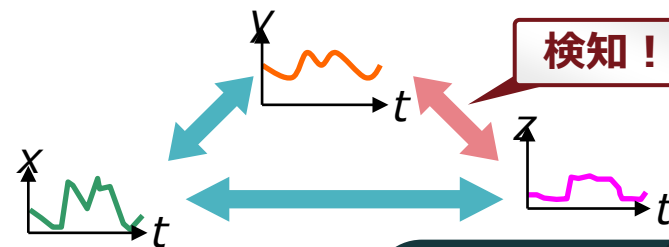
大

インバリエント分析による監視

計測データをそのまま使用できるので**複雑な設定は不要**。



計測データ間の関係性に注目するため、**しきい値を超える前**に異常検知が可能。



監視の負担

小

検証でを使用したデータ

- J-PARCで蓄積されているデータを使用し検証を実施
- EPICSで収集蓄積されたトレンドデータ

データ期間	2017/3/1 0:00 ~ 2017/3/2 0:00
サンプリング間隔	最短で1秒
センサ数 (カラム数)	9,804 (コンピュータ関連を除く)
モデル化対象	BeamTransport/MainRing/Utility

全センサ数：14,482のうち、コンピュータ関係の計測項目を除いた安定している期間の1日間データを使用

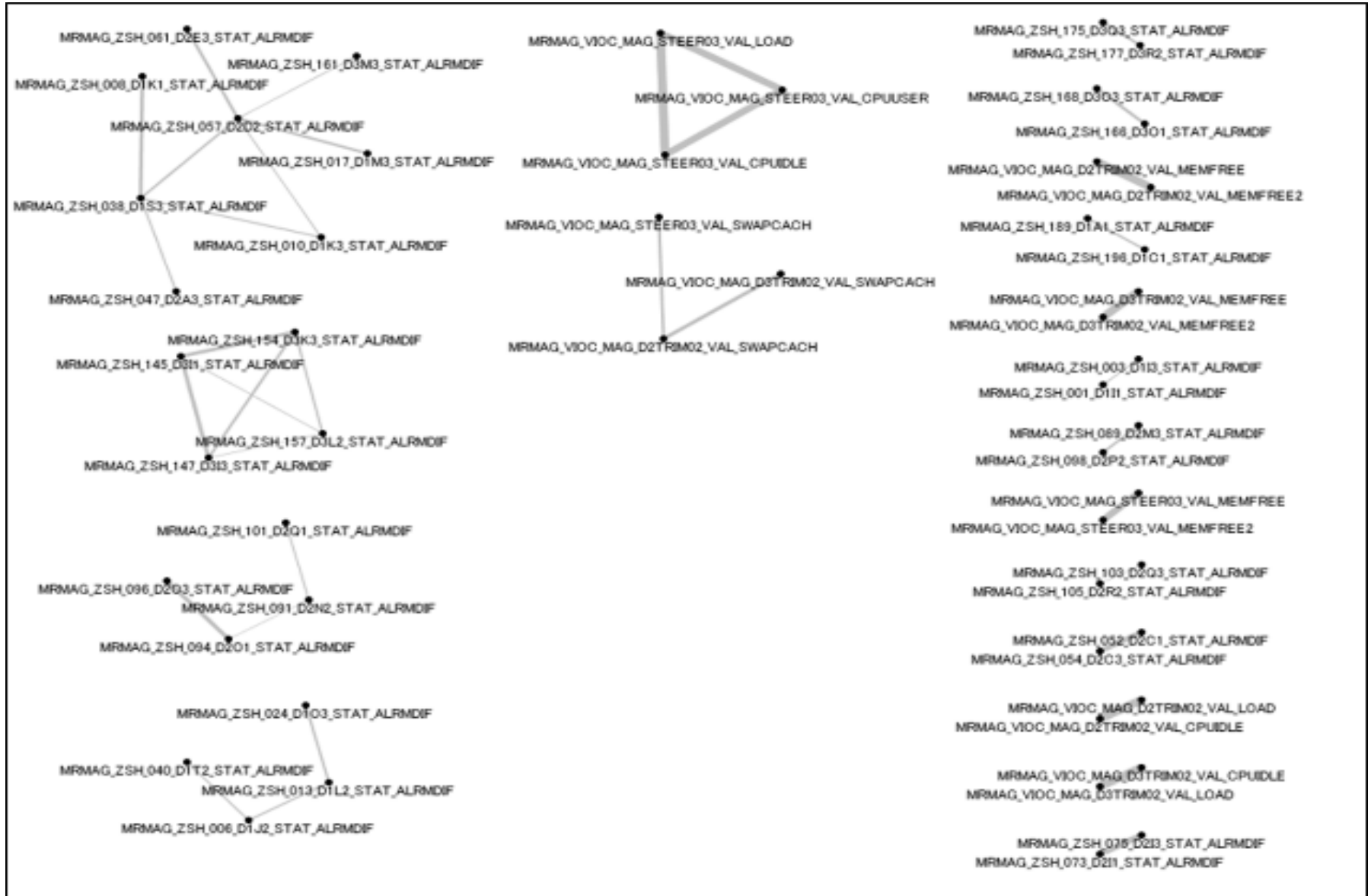
モデル作成

- 強い関係を持つインバリエントが多く抽出された
- このデータで強い相関関係が得られたことは、リアルタイム異常検知や故障の予兆診断に大きな役割を果たすものと期待できる
- 現状ではインバリエント数が多く、強い相関に埋もれてしまい、未知の関連性を確認することができていない。解析データを精査することに加え、前処理等を行うことで未知の関係性が抽出できてこないかを模索したいと考えている

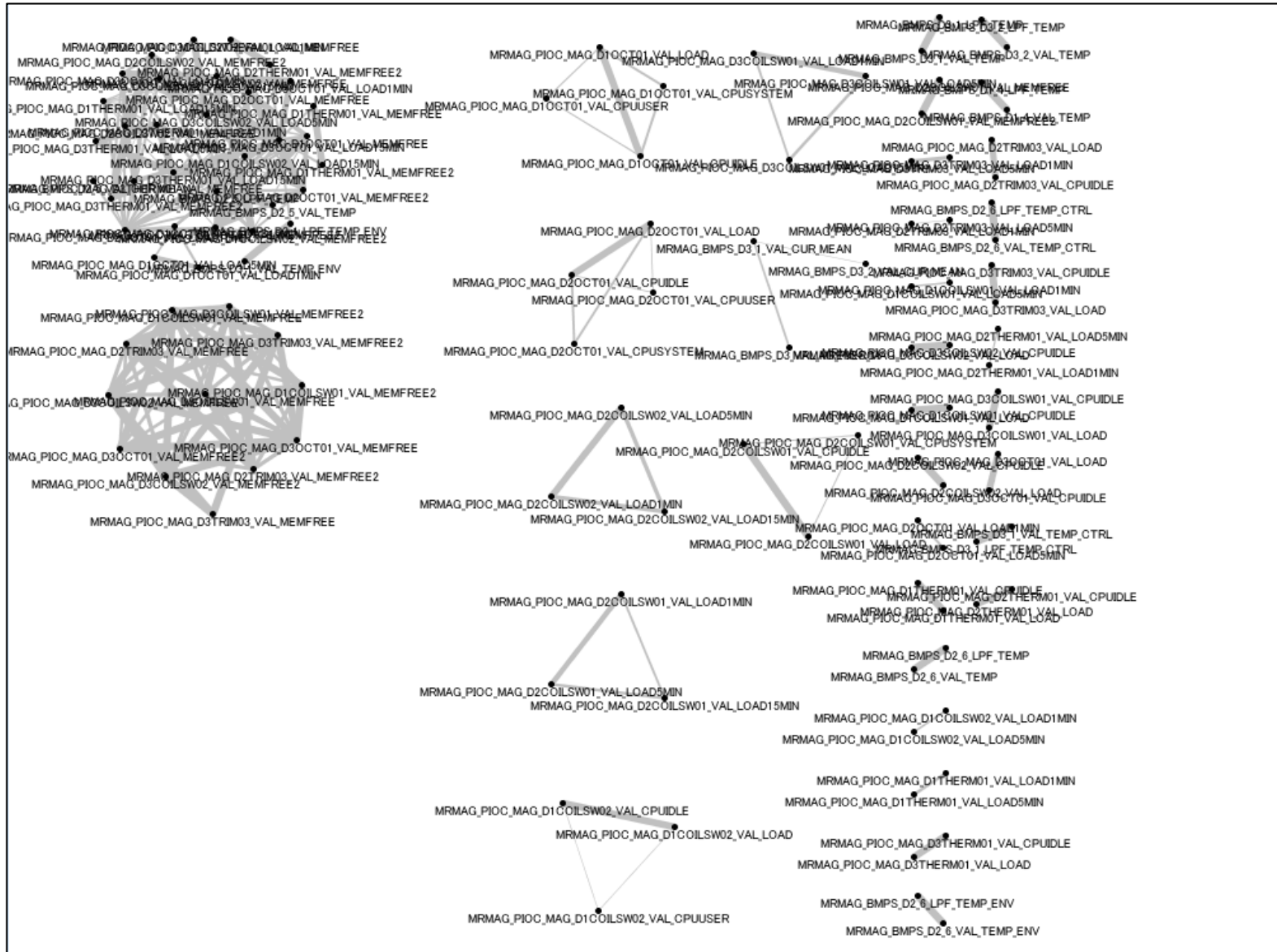
表2.モデル詳細

ThB	ThE	# of Invariant
0.3	0.5	740,542
0.5	0.7	488,248
0.7	0.9	43,660

モデル図(抜粋)



モデル図(抜粋)



今回の簡易分析でわかったこと

- MainRing及び周辺ユーティリティのデータを中心にインバリアントモデルの作成までを行い初期の有効性確認を実施し技術の有効性に期待が持てた。
- 強相関のインバリアントが多数見えてしまっており、目的としている「未知の関係性」が埋もれている可能性がある。

加速器への適用に向けて検討すること

- 今後はMainRingやユーティリティなどの個別部分の検討に加え、それら全体を含めた関係性のモデルを作成し、相互の状態が及ぼす影響についても分析/検討を行っていく。
- また設備の監視データにビーム運転情報を加味し、未知の関係性を捉えることが可能になれば、加速器運転の安定化のみならず、ビームの性能向上にも役立つものと期待できる。
- 強相関のインバリアントの扱い(バンドパスフィルタにより弱いものだけでなく、強いものもフィルタする)

今後の適用に向けて

ILC加速器のような大規模プロジェクトでは必須の技術となっている可能性が高く、J-PARC加速器で十分に経験を積むことで、次期加速器（ILC等）計画では初期段階からの導入を目指す。

本技術の適用により、運転開始直後のシステム調整・ビーム調整の迅速化や運用開始後の安定運転、保全の最適化に活用できるものと考えている

 **Orchestrating** a brighter world

NEC