

未来社会創造事業 次世代情報社会の実現領域

Human centric デジタルツイン構築による新サービスの創出

高速ビジョンによる

多次元デジタルツイン計測と再構築

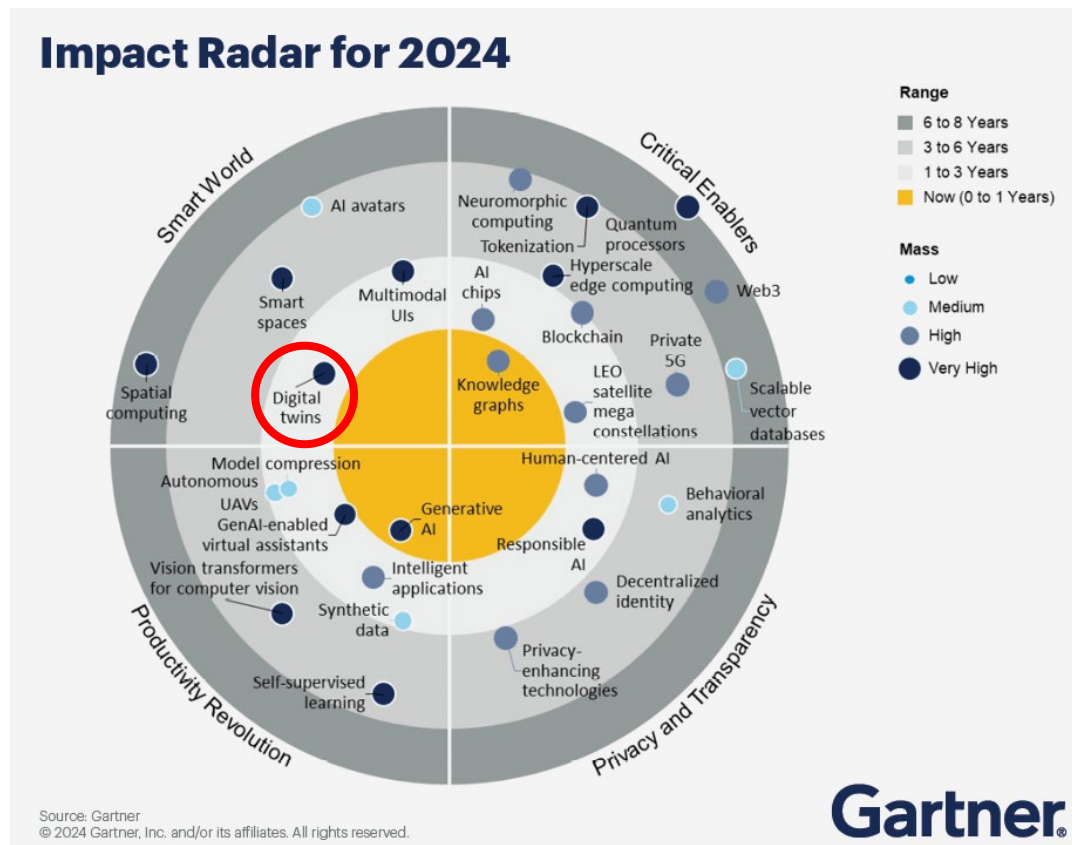
東京理科大学 総合研究院

宮下 令央

デジタルツインとは

- 実物体のデジタルコピー

- 実世界の対象を計測し、情報世界で再現するために構築された物理モデル
- 製品シミュレーションや対象の解析・共有・編集に利用される

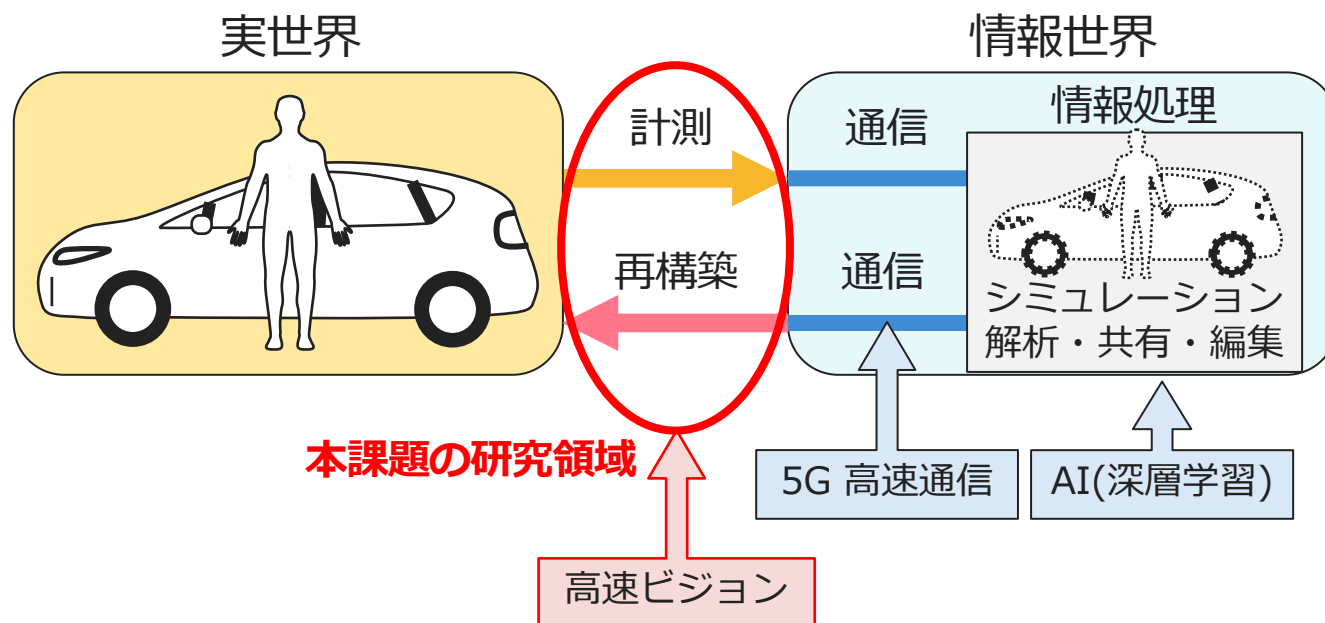


30 Emerging Technologies That Will Guide Your Business Decisions (12 Feb. 2024)

<https://www.gartner.com/en/articles/30-emerging-technologies-that-will-guide-your-business-decisions>

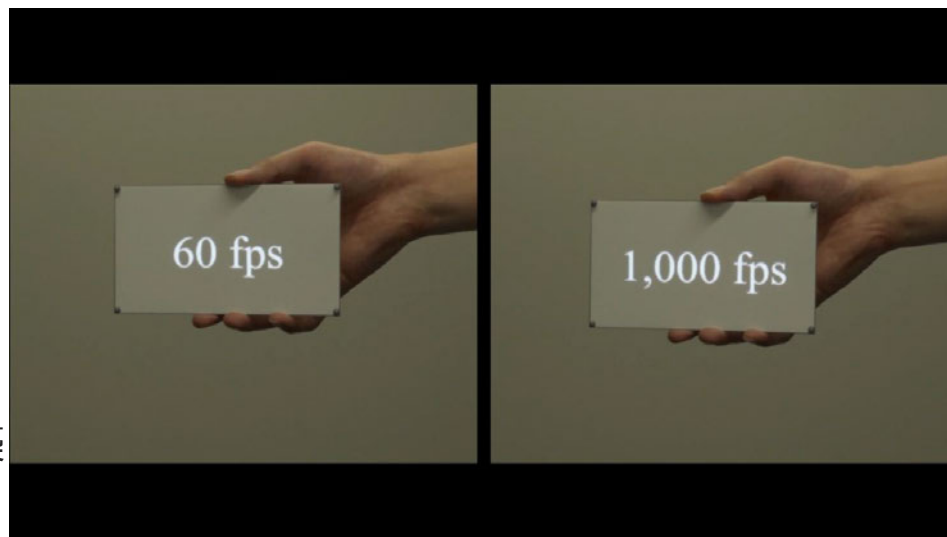
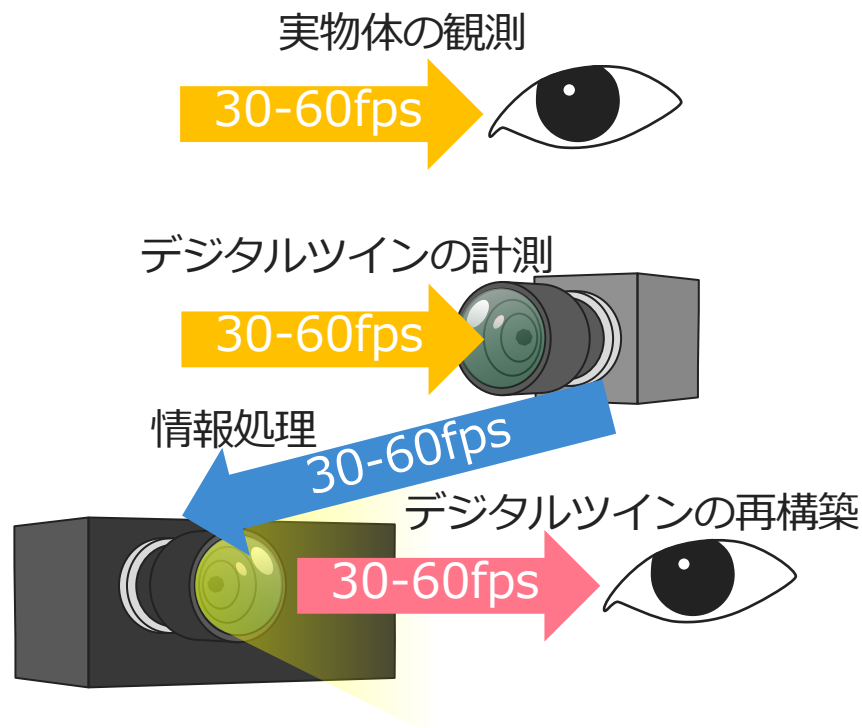
デジタルツインの極致

- 人や物のあらゆる情報を取り込む（計測）
 - 実世界を完全にシミュレーション・解析・共有・編集
- あらゆる情報を実世界にフィードバックする（再構築）
 - 実物体とデジタルツインの境がなくなる
 - 人や物の複製・転送・加工・検索など情報同様の操作が可能となる



現在の計測・再構築技術

- 人間の能力基準の計測・再構築技術がボトルネック
 - 実世界と情報世界の間に時間的・空間的な「ずれ」が生じる
 - 特に視覚情報は情報量が多く、「ずれ」が生じやすく知覚されやすい
 - 非現実感や生産性の低下、映像遅延によるVR酔い etc.
 - (ex. ヘッドマウントディスプレイを介して車を運転したいか?)



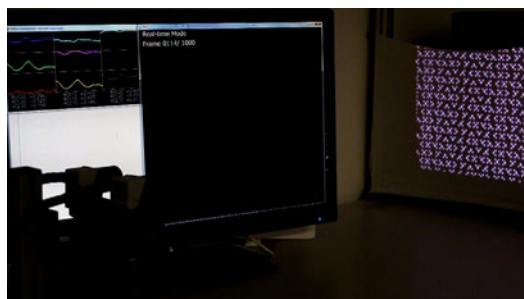
我々が解決してきた問題

- 人間を遥かに超える高速性で時間変化を完全把握
 - 人間の感覚水準(30-60fps)から人間を遥かに超える水準(1,000fps)へ

1,000fps 高速トラッキング



1,000fps 高速3次元計測



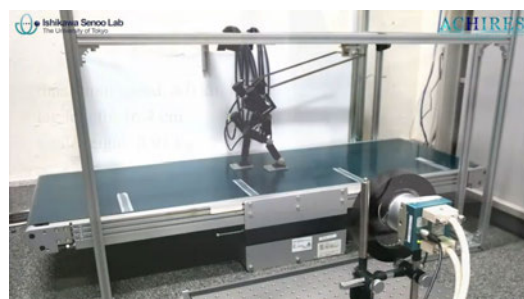
時速100kmでの高速道路点検



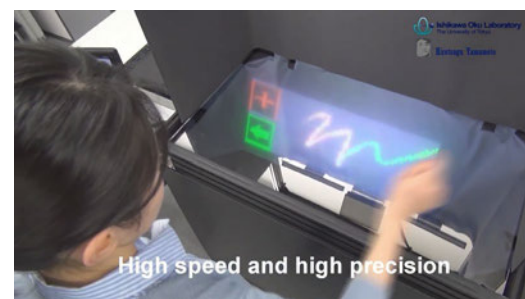
非破壊 高速書籍電子化



高速知能ロボット



低遅延 空中像インターフェイス



高速ビジョンが情報をつなぐ

• 時間分解能と空間分解能のトレードオフ

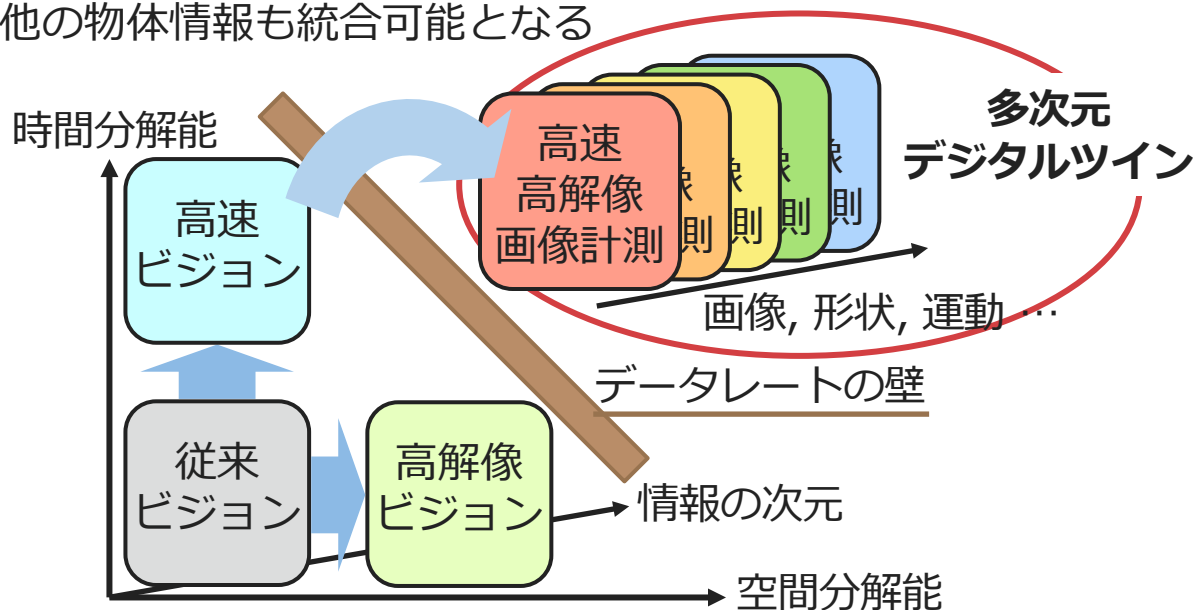
- 単位時間あたりの計測データ量に限界がある（データレートの壁）ため、時間分解能と空間分解能を同時に最高水準にすることができない。

■ 従来研究は高解像ビジョンを追求

- 時間は不可逆であり、時間情報(ダイナミクス)は永遠に失われる

■ 我々は高速ビジョンを追求

- 実物体の多くは空間情報(形状・構造)を保持している
- サンプリング定理を満たす時系列情報の統合で高速・高解像計測が実現できる
- 同様に他の物体情報も統合可能となる



デジタルツインの課題

- 空間分解能の不足

時間分解能と空間分解能を同時に最高水準にすることができない。

→ 時間基軸データ統合

- リアリティの不足

多くは画像情報の計測のみに留まり、物体をそのまま取り込むに至っていない。

→ 同期計測

- 入出力間の総遅延

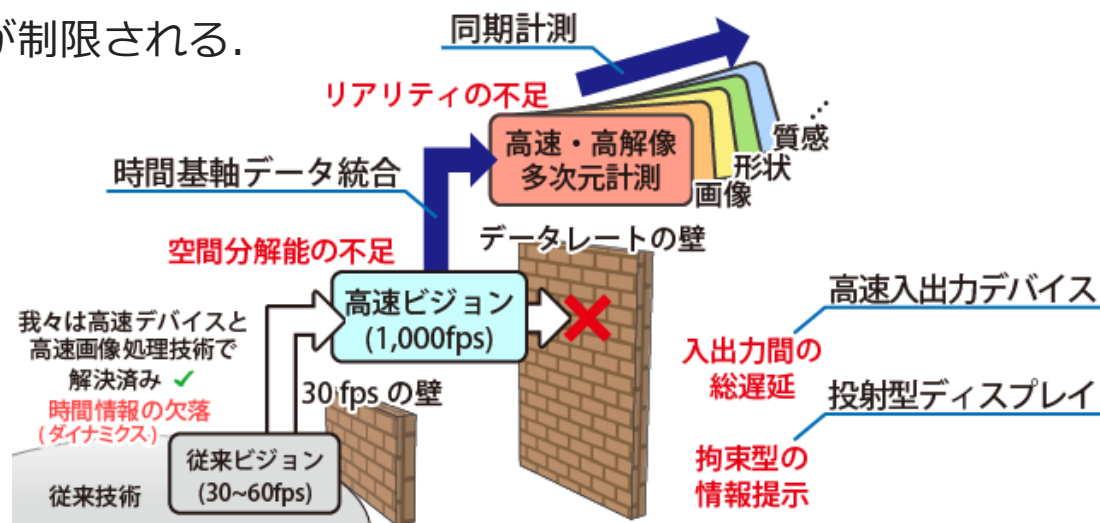
計測から再構築までの遅れにより時空間的なずれが生じる。

→ 高速入出力デバイス

- 拘束型の情報提示

デバイスの装着により行動が制限される。

→ 投射型ディスプレイ



探索研究から本格研究へのマイルストーン

- 探索研究：時間 × (画像 + 形状)
 - 時間軸を含む画像情報と形状情報のデジタルツイン計測
 - デジタルツインのリアルタイム再構築
 - 実世界/情報世界 間をつなぐインタラクションの実現
 - 多次元デジタルツイン構築の基盤技術となる時間軸を完全把握
- 本格研究：時間 × (画像 + 形状 + 運動 + 振動… 多次元情報)
 - 時間軸を利用した更なる多次元情報の統合
 - 視覚情報の完全把握に基づくリアルタイムフィードバック
 - 多次元デジタルツインの新たな応用展開
 - よりリアルで時空間的制約にとらわれない情報環境

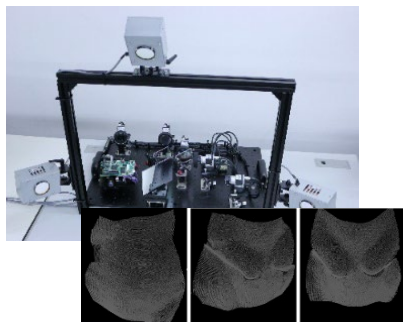
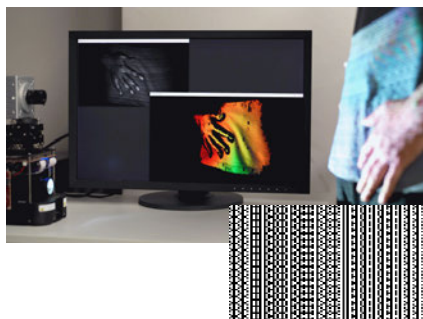
実世界と情報世界がリアルタイムかつ
シームレスにリンクする情報環境の構築

探索研究の成果

- 高い時間分解能により画像・形状情報を統合する
 - アルゴリズム・ハードの高速化による高密度の時間・空間データの取得

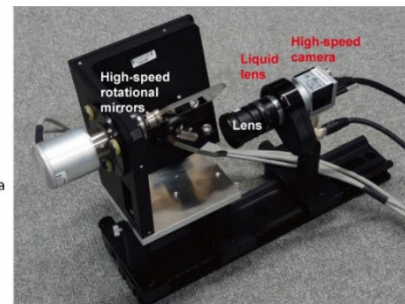
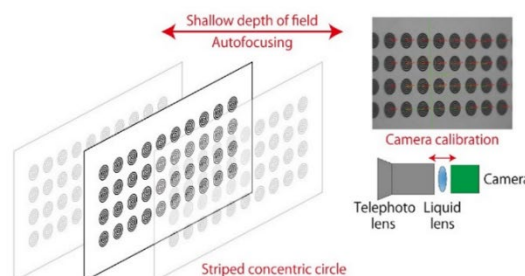
計測の高分解能化

1,000fpsを保ちながら
解像度16.7倍



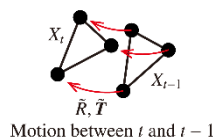
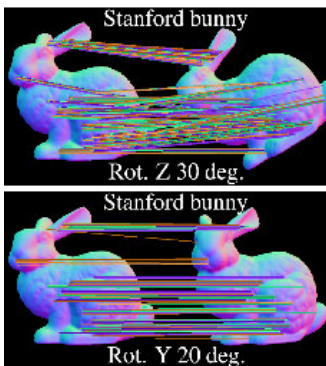
走査による空間情報の補完

駆動光学系における
高精度走査手法の開発

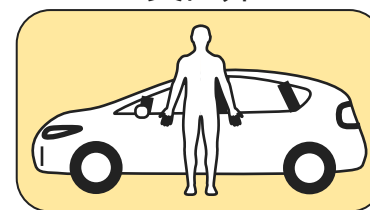


時間基軸の形状データ統合

30fps → 1,000fps
3次元形状統合



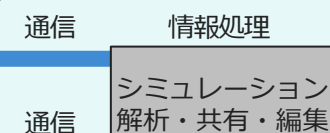
実世界



再構築

情報世界

計測

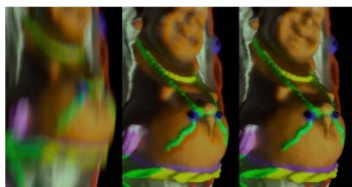
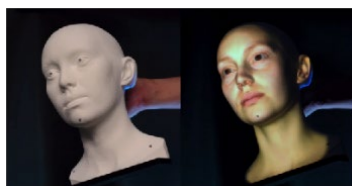
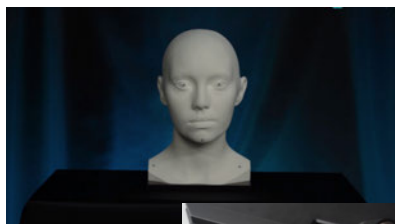


探索研究の成果

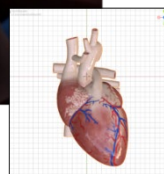
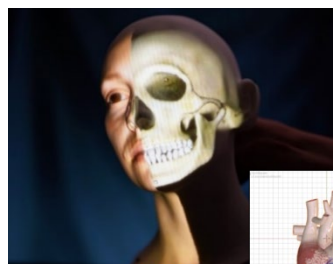
- 高い時間分解能によりリアルタイムに反映する
 - 人間の知覚速度を超えた遅延を感じない高速フィードバック

投射型ディスプレイ

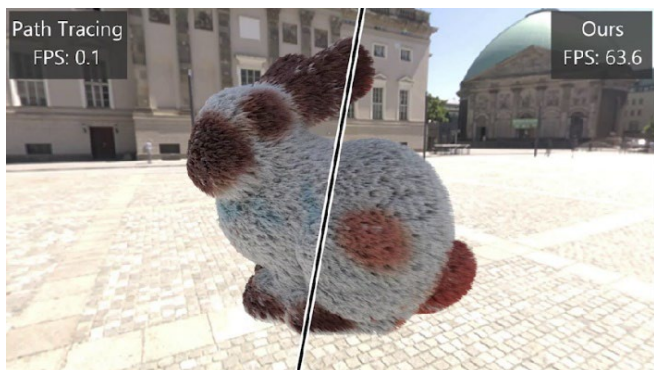
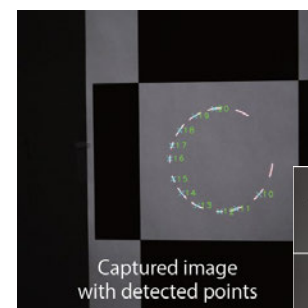
30fps → 1,000fps
DPM ※



DPMによる
内部骨格や拍動の再構築



映像の分割高速提示
による同時姿勢計測

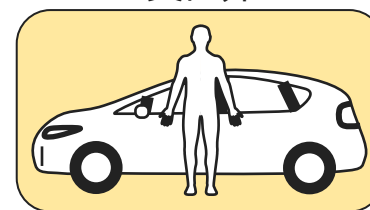


錯覚を利用した14倍以上
高速なCGレンダリング



High quality
High speed

実世界



再構築

情報世界

計測

通信 情報処理
シミュレーション
解析・共有・編集

※ DPM : ダイナミックプロジェクションマッピング (動く対象にぴったり映像投影する技術)

本格研究の研究体制

研究開発代表者グループ
宮下 令央 / 東京理科大学

石川 正俊
早川 智彦 黄 守仁
末石 智大 田畑 智志

研究開発グループ A
石井 抱 / 広島大学

研究開発グループ B
山本 裕紹 / 宇都宮大学

研究開発グループ C
奥 寛雅 / 群馬大学

研究開発グループ D
渡辺 義浩 / 東京工業大学

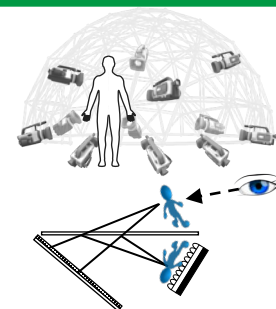
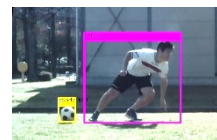
探索研究で発展させた技術

高速ビジョンチップ
高速プロジェクタ
高速トラッキング

高速DPM
高速ロボット
高速検査システム

本格研究で導入する技術

高速AI
高速マルチカメラ



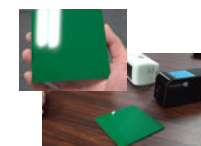
空中ディスプレイ



高速駆動光学系
高速追従顕微鏡



高速 3 次元計測
高速質感計測



本格研究の全体構想

探索研究で発展させた技術

全て世界のトップを走る技術 (1,000fps)

高速ビジョンチップ

高速プロジェクタ

高速トラッキング

高速ロボット

動物体へのプロジェクションマッピング ...

本格研究で導入する技術

全て世界のトップを走る技術 (1,000fps)

高速 AI

空中ディスプレイ

高速駆動光学系

高速 3 次元計測

高速マルチカメラの計測ネットワーク ...

未来社会構想

高速・高解像・低遅延・無拘束の情報環境

画像や形状など複数のモダリティで同期した動的インタラクションが可能な EC・遠隔医療

高分解能の運動・振動を含む多次元情報による製品のシミュレーション・解析・共有・編集

5G 高速情報通信の導入だけでは実現できない遅延がなく没入感の高い 3D リモート会議

HMD から脱却し、遅延とずれのない動物体へのプロジェクションによる実物同様のインタラクション

人間を超える高速 AI 認識・検査・複数対象追従

高速ロボットの無停止製造ラインを用いた生産性・自動化率の向上による工場の国内回帰

実現に向けた課題

① 空間分解能の不足

現状：VGA (0.3M), XGA (0.8M)

→ 1,000fps かつ実質 1 億画素 (100M)

② リアリティの不足

現状：画像情報のみ

→ 画像 / 形状 / 運動などを同期計測

③ 入出力間の総遅延

現状：33ms 以上

→ 高速ビジョン技術で合計最小 4.3ms

④ 拘束型の情報提示

現状：HMD または 固定ディスプレイ

→ 空中・運動 / 変形を伴う対象に投影

POC と引き取り手

A. 高速ビジョンによる低遅延 多次元情報計測

B. 顕微・望遠光学系への拡張による高速トラッキング

C. 時間基軸データ統合による高解像度化と高次認識

D. 高速投射型ディスプレイによる非拘束型情報提示

E. 高速フィードバックによる無停止製造・検査ライン

製造企業

IT・SI 企業

エンタメ系企業

医療系企業

自動車企業

映像制作企業

WINDS ネットワーク
(227 組織 2024/4/1 時点)



本格研究のPOC

- A) 高速ビジョンによる多次元デジタルツイン計測
動く人や動く物体も遅れなく、情報世界にコピーする
- B) 高速デジタルツイン計測 + 高速光学系
顕微鏡のミクロな世界、スポーツの広大な世界へ拡張する
- C) 高速デジタルツイン計測 + 高速AI
時間基軸データ統合で高速かつ高解像に対象を解析する
- D) 高速デジタルツイン計測 + 高速投射型ディスプレイ
空中像とDPMでユーザーを拘束から解放する
- E) 高速デジタルツイン計測 + 高速ロボット
計測時も対象を止めない製造ラインで生産性を高める

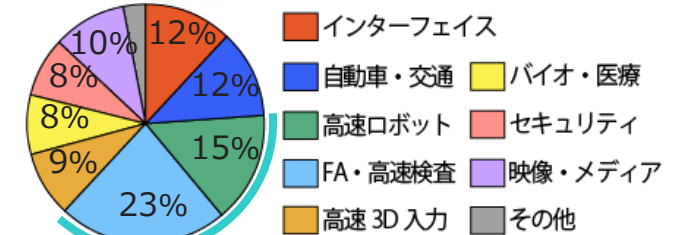
探索研究を発展させたPOC A～Dを実現

基盤となる計測技術

組み合わせる提示・駆動技術

WINDs
Network

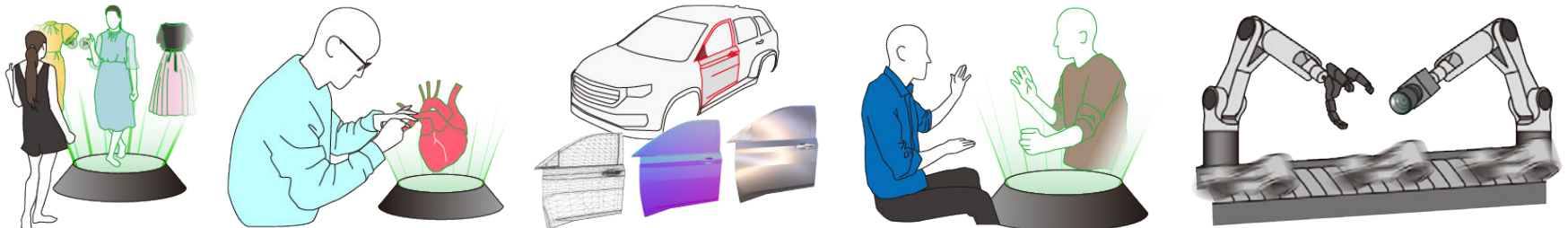
高速ビジョンに関心のある
227の企業・組織



ニーズを受けて特化したPOCを追加

5年後は…

- 形状や運動が同期した動的インタラクション可能な e-コマース・遠隔操作
- 高分解能の振動や力学特性を含む製品のシミュレーション・解析・共有・編集
- 5G導入だけでは実現できない低遅延で没入感の高い3Dリモート会議 etc.



本研究が目指す応用展開

- 高速ビジョン技術を基盤とした計測・再構築技術で時間的・空間的に「ずれ」のない情報環境を目指す
 - 特に需要の高い2分野に注力
 - FA・検査（産業用ロボットを対象とした応用）
 - 計測時も対象を止めない操作・検査で超高速生産ラインを実現
 - 映像・メディア（人間を対象とした応用）
 - 高速・高解像なデジタルツインを装着デバイスなしに再構築

