

石川 正俊

東京大学 情報理工学系研究科  
教授

## 高速センサ技術に基づく調和型ダイナミック情報環境の構築

### § 1. 研究実施体制

#### (1) 石川グループ

① 研究代表者: 石川 正俊 (東京大学情報理工学系研究科・教授)

#### ② 研究項目

感覚運動統合アーキテクチャの開発と全体システムの構築

- ・ 高速感覚情報センシングの基本設計
- ・ リアルタイム感覚運動統合アーキテクチャの提案
- ・ 高速センシング技術・高速ディスプレイ技術・人間特性モデルの 3 つを統合する全体システムの実現

#### (2) 石井グループ

① 主たる共同研究者: 石井 抱 (広島大学大学院工学系研究科・教授)

#### ② 研究項目

高速視覚センシングサブシステムの開発

- ・ 高速ビジョンの高機能化及び複数カメラ型対象追跡モジュール
- ・ 人間の手指の三次元の動きを捕捉可能な高速デプスビジョン
- ・ デプス画像に基づく画素レベル実時間プロジェクションマッピング

#### (3) 阪口グループ

① 主たる共同研究者: 阪口 豊 (電気通信大学大学院情報システム学研究科・教授)

#### ② 研究項目

情報環境と人間の調和に向けた人間特性モデルの構築

- ・エアホッケーを題材としたヒト先読み特性の解析と運動学習支援環境の構築
- ・高速情報に対する人間の応答特性に関する検討
- ・人間の注意を阻害しない高速情報による手がかり提示法の開発

#### (4) 下条グループ

① 主たる共同研究者: 下条 誠 (電気通信大学情報理工学研究科・教授)

##### ② 研究項目

高速 2.5 次元触覚センシングサブシステムの開発

- ・発光・受光素子を独立とした近接検出と、感圧素子を受光素子と並列に接続する接触検出方式とする簡便な構成による近接・触覚センサの開発
- ・大面積化のためセンサモジュール間の接続を大幅に削減する方式の導入

#### (5) 篠田グループ

① 主たる共同研究者: 篠田 裕之 (東京大学新領域創成科学研究科・教授)

##### ② 研究項目

無拘束高速触覚提示サブシステムの開発

- ・超音波フェーズドアレイによる無拘束触覚提示デバイスの開発
- ・大規模フェーズドアレイによる超音波放射圧提示と視覚情報提示の同期動作実現
- ・触覚信号の生成方法の検討
- ・視触覚同時提示システムにおけるユーザの体験の評価

#### (6) 山本グループ

① 主たる共同研究者: 山本 裕紹 (徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師)

##### ② 研究項目

超高速視覚情報提示サブシステムの開発

- ・時間・空間マッピング処理／基本画像の事前蓄積による滑らかな動画映像表示の実現
- ・情報表示のラグタイムの最小化
- ・セキュアディスプレイ及びパーソナライズド大画面サイネージの実証
- ・無拘束3D 表示

#### (7) 小室グループ

① 主たる共同研究者: 小室 孝 (埼玉大学理工学研究科・准教授)

##### ② 研究項目

人間支援のための高速・非接触インターフェースの開発

- ・超高速センサ・情報提示技術によるインターフェース開発
- ・インセンブルダミクスを利用したマルチメディアインターフェース
- ・先読み・先回りによる情報提示を組み込んだコンピュータインターフェース

## § 2. 研究実施の概要

平成 25 年度は、調和型ダイナミック情報環境の基本構想の下、複数の研究グループで開発した高速センサ技術と高速情報提示技術を統合し、提案する情報環境の初期プロトタイプ構築に着手した。また、本プロトタイプの開発を推進するに当たり、各種要素技術の発展版の開発を並行して進めた。

まず、統合による初期プロトタイプの構築においては、動く手のひらや物体に映像と触覚刺激を提示できるシステムを構築した。これは、高速視覚センシング技術と高速触覚ディスプレイ技術と高速視覚ディスプレイ技術の 3 つを統合したものである。2ms 毎に抽出される対象の 3 次元位置に応じて、動く対象に遅延なく映像をプロジェクションするとともに、無拘束で触覚を提示することが可能である。

このようなシステム統合と並行して、人間の手指の 3 次元の動き・形状の完全把握に向けた 500 コマ/秒でのリアルタイム 512×512 デプス画像取得技術を開発した。また、エアホッケーを題材として、人間が動作を先読みする過程を解析するとともに、高速な情報提示によってより素早い反応を喚起できる可能性を解析した。近接から接触までをシームレスに検出する 2.5 次元触覚センサは、回路のシンプル化を図り、大面積化が可能となった。無拘束高速触覚提示サブシステムは、提示可能な触感の種類を拡張し、上記の通り統合を図った。さらに、高速視覚ディスプレイとして、再帰反射シートを用いて、無拘束で広い視野角で 3D 映像を観察できる新しい表示法 (AIRR: Aerial Imaging by Retro-Reflection) を開発した。加えて、スマートフォンを用いた新しいタイピングインターフェースを提案・実証した。

本年度は、以上の研究成果によって、20 件以上の国内外の学会で受賞を獲得するとともに、様々なメディアで取り上げられ、注目を集めている。

## § 3. 成果発表等

### (3-1) 原著論文発表

#### 論文詳細情報(国内)

(E: 篠田グループ)

E-1 藤原正浩, 篠田裕之: 集束超音波を用いた表面硬さ分布の遠隔計測, 計測自動制御学会論文集, Vol. 49, No. 4, pp.455-460, 2013.

(F: 山本グループ)

F-1 山本裕紹, "高輝度高速フレームレート LED ディスプレイの開発と応用", 光学, Vol. 23, No. 8, pp. 413-419, 2013.

#### 論文詳細情報(国際)

(A: 石川グループ)

A-1 Kohei Okumura, Masato Ishii, Eri Tatsumi, Hiromasa Oku and Masatoshi Ishikawa: Gaze Matching Capturing for a High-speed Flying Object, SICE Annual Conference 2013 (Nagoya, 2013.9.15)/Proceedings, pp.649-654

A-2 Leo Miyashita, Yuko Zou, and Masatoshi Ishikawa: VibroTracker: a Vibrotactile Sensor Tracking Objects, 2013 ACM SIGGRAPH (Anaheim, 2013.7.21-25)/Disc 1

A-3 Kohei Okumura, Hiromasa Oku, and Masatoshi Ishikawa: Active Projection AR using High-speed Optical Axis Control and Appearance Estimation Algorithm, 2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2013) (San Jose, 2013.7.18)/IEEE Xplore

A-4 Yuko Zou, Leo Miyashita, Tomohiko Hayakawa, Eric Siu, Carson Reynolds, and Masatoshi Ishikawa: i-me TOUCH: Detecting Human Touch Interaction, 2013 ACM SIGGRAPH (Anaheim, 2013.7.21-25)/Disc 1

A-5 Kaisa Väänänen-Vainio-Mattila, Jonna Häkkinen, Alvaro Cassinelli, Jorg Müller, Enrico Rukzio, Albrecht Schmidt: Experiencing Interactivity in Public Spaces (EIPS), CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing, ACM Press, 2013 (Paris, 2013.4.26)/pp.3275-3278

A-6 Jurgen Steimle, Hrvoje Benko, Alvaro Cassinelli, Hiroshi Ishii, Daniel Leithinger, Pattie Maes, Ivan Poupyrev: Displays Take New Shape: An Agenda for Future Interactive Surfaces, CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing, ACM Press, 2013 (Paris, 2013.4.26)/pp.3283-3286

A-7 Takehiro Niikura, Yoshihiro Watanabe, and Masatoshi Ishikawa: Anywhere Surface Touch: Utilizing any surface as an input area, The 5th Augmented Human International Conference (AH2014) (Kobe, 2014.3.7)

(B: 石井グループ)

B-1 Yongjiu Liu, Hao Gao, Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii : High-frame-rate Structured Light 3-D Vision for Fast-moving Objects, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.26, No.3 (2014) (to be appeared)

B-2 Qingyi Gu, A. Abdullah AL Noman, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii : A High-frame-rate Vision System with Automatic Exposure Control, IEICE Trans. Inf. Syst. (accepted)

B-3 Idaku Ishii, Tomoki Ichida, Qingyi Gu, and Takeshi Takaki : 500-fps Face Tracking System, Journal of Real-Time Image Processing, Vol.8, No.4, pp.379-388 (2013) doi: 10.1007/s11554-012-0255-8

B-4 Hua Yang, Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii : Dynamics-Based Stereo Visual Inspection Using Multidimensional Modal Analysis, IEEE Sensors Journal, Vol.13, No.12, pp.4831-4843 (2013) doi: 10.1109/JSEN.2013.2276620

B-5 Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii : Fast Tracking System for Multi-colored Pie-shaped Markers, International Journal of Optomechatronics, Vol.7, No.3, pp.160-180 (2013) doi: 10.1080/15599612.2013.807527

B-6 Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii : High Frame-rate Tracking of Multiple Color-patterned Objects, Journal of Real-Time Image Processing, doi: 10.1007/s11554-013-0349-y (online first) (2013) doi: 10.1007/s11554-013-0349-y

B-7 Ken-ichi Okumura, Sushil Raut, Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii: Real-time Feature-based Video Mosaicing at 500 fps, Proceedings of 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2665-2670, 2013. (Tokyo, Japan, 2013/11/5)

B-8 Xiaorong Zhao, Qingyi Gu, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii: A Fast Multi-camera Tracking System with Heterogeneous Lenses, Proceedings of 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2671-2676, 2013. (Tokyo, Japan, 2013/11/5)

B-9 Jun Chen, Qingyi Gu, Hao Gao, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii, Fast 3-D Shape Measurement Using Blink-Dot Projection, Proceedings of 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2683-2688, 2013. (Tokyo, Japan, 2013/11/5)

B-10 Qingyi Gu, Abdullah Al Noman, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii: A Fast Color Tracking System with Automatic Exposure Control, Proceeding of the IEEE International Conference on Information and Automation, pp.1302-1307, 2013 (Yinchuan, China, 2013/8/28)

B-11 Hao Gao, Tadayoshi Aoyama, Takeshi Takaki, and Idaku Ishii: Self-Projected Structured Light Method for Fast Depth-Based Image Inspection, Proceedings of the International Conference on Quality Control by Artificial Vision, pp.175-180, 2013. (Fukuoka, Japan, 2013/5/31)

(C: 阪口グループ)

C-1 Yutaka Nakajima and Yutaka Sakaguchi, "The transient twinkle perception is induced by sequential presentation of stimuli that flicker at frequencies above the critical fusion frequency" (in revision)

(D: 下条グループ)

D-1 Ichiro Miyamoto, Yosuke Suzuki, Aiguo Ming, Masatoshi Ishikawa, Makoto Shimojo, Basic Study of Touchless Human Interface Using Net Structure Proximity Sensors, Journal of Robotics and Mechatronics, vol.25,no.3,pp.1-6,2013

(E: 篠田グループ)

E-1 Keisuke Hasegawa, Hiroyuki Shinoda: Aerial Display of Vibrotactile Sensation with High Spatial-Temporal Resolution using Large-Aperture Airborne Ultrasound Phased Array, Proc. IEEE World Haptics Conference 2013, Oral, pp.31-36, Daejeon,

Korea, April 14-18, 2013.

E-2 Seki Inoue and Hiroyuki Shinoda: A Pinchable Aerial Virtual Sphere by Acoustic Ultrasound Stationary Wave, (Oral) Proc. IEEE Haptics Symposium 2014, pp.89-92, February 23-26, Houston, Tx, USA, 2014.

E-3 Tatsuma Sakurai and Hiroyuki Shinoda: Sharp Tactile Line Presentation Array using Edge Stimulation Method, (Poster) Proc. IEEE Haptics Symposium 2014, pp.271-275, February 23-26, Houston, Tx, USA, 2014.

E-4 Kazuma Yoshino and Hiroyuki Shinoda: Contactless Touch Interface Supporting Blind Touch Interaction by Aerial Tactile Stimulation, (Poster) Proc. IEEE Haptics Symposium 2014, pp.347-350, February 23-26, Houston, Tx, USA, 2014.

E-5 Masahiro Fujiwara and Hiroyuki Shinoda: Coaxial Noncontact Surface Compliance Distribution Measurement for Muscle Contraction Sensing, (Poster) Proc. IEEE Haptics Symposium 2014, pp.385-389, February 23-26, Houston, Tx, USA, 2014.

E-6 Keisuke Hasegawa, Hiroyuki Shinoda: A Method for Distribution Control of Aerial Ultrasound Radiation Pressure for Remote Vibrotactile Display, Proc. SICE Annual Conference 2013, pp.223-228, September 14-17, 2013.

E-7 Masahiro Fujiwara, Hiroyuki Shinoda: Continuous Scanning Measurement of Surface Compliance Distribution from Remote Position Using Rotated Mirror, Proc. SICE Annual Conference 2013, pp.818-821, September 14-17, 2013.

E-8 Tatsuma Sakurai, Hiroyuki Shinoda: Sharp Tactile Line Display Using Superposition of Vibrotactile Stimuli, Proc. SICE Annual Conference 2013, pp.2035-2040, September 14-17, 2013.

E-9 Masahiro Fujiwara, Hiroyuki Shinoda: Noncontact Human Force Capturing based on Surface Hardness Measurement, Proc. IEEE World Haptics Conference 2013, Poster, pp.85-90, Daejeon, Korea, April 14-18, 2013.

E-10 Tatsuma Sakurai, Hiroyuki Shinoda, Masashi Konyo: Sharp Tactile Sensation using Superposition of Vibrotactile Stimuli in Different Phases, Proc. IEEE World Haptics Conference 2013, Poster, pp.235-240, Daejeon, Korea, April 14-18, 2013.

E-11 Kazuma Yoshino, Hiroyuki Shinoda: Visio-Acoustic Screen for Contactless Touch Interface with Tactile Sensation, Proc. IEEE World Haptics Conference 2013, Poster, pp.419-423, Daejeon, Korea, April 14-18, 2013.

(F: 山本グループ)

F-1 Hirotsugu Yamamoto, "Aerial 3D LED Display by use of Crossed-mirror Array," in Digital Holography & 3-D Imaging, (Optical Society of America, Washington, DC, 2013), DM2A.2. (DOI:10.1364/DH.2013.DM2A.2)

F-2 Shiro Suyama, Hiroshi Sonobe, Tomoki Soumiya, Atsuhiko Tsunakawa, Hirotsugu Yamamoto, Hidenori Kuribayashi, "Edge-Based Depth-Fused 3D Display," in Digital Holography & 3-D Imaging, (Optical Society of America, Washington, DC, 2013),

DM2A.3 (2013). (DOI:10.1364/DH.2013.DM2A.3)

F-3 Hirotsugu Yamamoto, Shiro Suyama, "Aerial Imaging by Retro-Reflection (AIRR)," SID 2013 DIGEST, pp. 895-897 (2013). (DOI:10.1002/j.2168-0159.2013.tb06364.x)

F-4 Hirotsugu Yamamoto, Keitaro Uchida, Shiro Suyama, "Computational Multifunctional Display Based on Polarization Processing," in Imaging and Applied Optics, (Optical Society of America, Washington, DC, 2013), CW3C.2. (DOI: 10.1364/COSI.2013.CW3C.2)

F-5 Toyotaro Tokimoto, Kengo Sato, Shiro Suyama and Hirotsugu Yamamoto, "High-frame-rate LED Display with Pulse-width Modulation by Use of Nonlinear Clock," Proceedings of 2013 IEEE 2nd Global Conference on Consumer Electronics, pp. 83-84 (2013). (DOI:10.1109/GCCE.2013.6664933)

F-6 Atsuhiko Tsunakawa, Tomoki Soumiya, Hirotsugu Yamamoto, Shiro Suyama, "Perceived depth change of depth-fused 3-D display by changing distance between front and rear plane," IEICE Transactions on Electronics, Vol. E96-C, No. 11, pp. 1378-1383 (2013). (DOI:10.1587/transele.E96.C.1378)

(G: 小室グループ)

G-1 Naoto Koarai, Takashi Komuro: A Zooming Interface for Accurate Text Input on Mobile Devices, Ext. Abst. ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2013), pp. 1299-1304 (2013) (DOI:10.1145/2468356.2468588)

G-2 Takumi Kusano, Takehiro Niikura, Takashi Komuro: A Virtually Tangible 3D Interaction System using an Autostereoscopic Display, Proc. ACM Symposium on Spatial User Interaction (SUI 2013), p. 87 (2013) (DOI:10.1145/2491367.2491394)

G-3 Masakazu Higuchi, Takashi Komuro: AR Typing Interface for Mobile Devices, Proc. 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM 2013) (2013) (DOI:10.1145/2541831.2541847)

G-4 Satoshi Sagara, Masakazu Higuchi, Takashi Komuro: Multi-Finger AR Typing Interface for Mobile Devices, Companion Publication of the 19th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI 2014), pp. 13-16 (2014) (DOI:10.1145/2559184.2559197)

G-5 Yuko Unuma, Takehiro Niikura, Takashi Komuro: See-through Mobile AR System for Natural 3D Interaction, Companion Publication of the 19th International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI 2014), pp. 17-20 (2014) (DOI:10.1145/2559184.2559198)

G-6 Risa Ishijima, Masakazu Higuchi, Takashi Komuro, Kayo Ogawa: Real-time Typing Action Detection in a 3D Pointing Gesture Interface, Proc. The 5th Augmented Human International Conference (AH 2014) (2014) (DOI 未定)

### (3-2) 知財出願

- ① 平成 25 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 2 件)