

パネルディスカッション：「CVはロボットの眼になり得るか？」

稲場典康（宇宙開発事業団）、榎本雅幸（川崎重工業）、
小川原光一（東大生研）、出口光一郎（東北大）、富田文明（産総研）、
角保志（産総研）、加藤晃市（NTT）

あらまし：

オーガナイズドセッション「新しいロボットビジョンの動向(1) 作業のための視覚」では、ハンドアイロボットに代表される作業のための画像計測、認識に関する研究に焦点を絞り、ビジョンへの期待、批判、提案等を討論していただく場をご用意いたしました。パネラーとして、産学に関わらず広い分野から一線で活躍されている研究者の方々をお招きし「CVはロボットのセンサとして成果をあげているのか」、「作業のためのセンシングとはどうあるべきか」、「CVの研究はどのような方向性を目指せばよいか」等々、活発に議論して頂き「作業のためのロボットビジョン」の今後について展望致します。

Panel Discussion: Can "Computer Vision" become a faculty of sight for a robot?

Noriyasu INABA (NASDA), Masayuki ENOMOTO (KHI), Koichi OGAWAHARA (IIS, University of Tokyo), Koichiro DEGUCHI (Tohoku University), Fumiaki TOMITA (AIST), Yasushi SUMI (AIST), Koichi KATO (NTT)

Abstract :

We have organized a panel session titled "Can "Computer Vision" become a faculty of sight for a robot". In this special session, we focus on the vision research for task implementation and we will discuss about a variety of topics, e.g., "Does the CV research show landmark achievement in the robotics field?", "What is the role of CV for task execution?", or "What will the aim of the CV in the future?" Through these discussions, we seek the future prospects of the computer vision research field.

はじめに

ここ数年、様々なヒューマノイドロボットの出現、さらには多種多様なペットロボット発売によってロボットの存在自体が非常に身近なものとなりつつある。ただし、どのロボットも目的の違いはあるにせよ、センサによって外界状況を認識し、判断、アクションを起こすという流れは、従来の産業用ロボット等と何ら変わるところはない。

ロボットビジョン研究は、この「外界状況」を認識するための中核技術として古くから重要視され、様々な試みがなされてきた。特にカメラ系による視覚情報を入力として対象あるいは環境の3次元情報を得ようとする研究は、1960年頃にはじまり未だ研究発表の絶えることのない分野となっている。

一方で、「ロボットのセンサとして、ビジョンは本当に“使える”のか？」という声も少なくない。確かに、一部は部品検査、組立、溶接など製造工程の自動化に貢献したものの、ビジョンを利用したシステムの多くは、限定された環境下でしか動作しない、汎用性に欠けるものであった。産業的な立場からすれば、システムに求められるものは安定性、高速性、低コストであり、ビジョン

はこれらの点においても不利であると考えられてきた。

しかしながら、近年、計算機の劇的な高速化、センサの性能向上と低コスト化、新しいCV理論に関する知見の集積など、ロボットビジョン研究を取り巻く環境は大きく変わりつつあるように思われる。また、前述のペットロボットに代表されるエンタテインメント分野をはじめ、福祉・災害救助等、新たなニーズも顕在化している。

これらをふまえ、本パネルディスカッションでは、下記のパネラー（五十音順）による講演を参考に、ロボットビジョン研究の現状と課題、目指すべき方向性等について議論して頂きたい。

稲場典康（宇宙開発事業団）

軌道上の人工衛星への補給・保守、並びに宇宙ステーションのような大型宇宙構造物の組立には衛星同士のランデブ・ドッキングやロボットによる操作が不可欠である。このような作業を行うに当たり、「宇宙のロボットビジョン」は自動ロボットのセンサ、あるいは有人作業の支援機能として、作業の効率化・自動化並びに高度化に大きく貢献する。軌道運動による太陽、地球との位置関係の変化に伴い、軌道上衛星の照明環境は、

時々刻々大きく変化し、また宇宙での放射線や大きな温度変化等の制約から使用できるハードウェアには大きな制約がある。この様な制約のもとで、高い信頼性を要求される「宇宙のロボットビジョン」の本分野での実例と今後の展望について概説する。

榎本雅幸（川崎重工業）

産業用ロボットにとっての「作業」では、対象を何らかの形で物理的に把持する必要に迫られる。ピンピッキングに代表されるロボットが人間並みの把持作業を実現するためには、特に「手」と視覚は密接な連携を持って進化させる必要があると考える。画像認識技術およびモーションコントロール技術は、各々は日々進化している感があるが、両者がコラボレートするには至っていない。ロボットはビジョンが計測した位置にツールを移動させているに過ぎないのが現状である。汎用性の高い作業能力を持つロボットを実現するためには、「視覚」（できれば触覚も）と「モーションコントロール」の技術が密接に連携し、有機的に結合された研究開発が盛んになることが望まれる。

小川原光一（東大生研）

実演教示におけるロボットの作業獲得の手段として CV を用いている。ステレオ視覚と対象の 3 次元幾何モデルを用いた環境物体の位置・姿勢の同定および、把持物体の 3 次元トラッキング、直行配置した赤外線カメラに視体積交差法適応し手の関節モデルをフィッティングすることによる把持状態の手形状認識等を行っており、成果が上がっている。

しかし、これらはいずれもあらかじめ与えられたモデルと視覚によって得られた情報とのマッチングを行うことによる認識手法である。

一方、我々は現在日常動作のモデル化に取り組んでいる。この場合、例えば凸物体による組立作業のように、有限種類の接触状態変化の組み合わせによって作業をうまく記述することができるということがあらかじめ分かっているわけではなく、作業を記述するための記述要素自体を適応的に獲得していく必要があり、複数の教示動作における動作の類似性を指標に、作業の達成に必須の要素を自動獲得する手法の提案を行っている。そのため、日常動作をセンシングするための CV についても、同様にあらかじめモデルが与えられるのではなく、作業を達成する上で必要な物体のモデルを、必要とする情報レベルに応じて適応的に獲得

することが重要になる。これに関する我々の取り組みを説明する。

出口光一郎（東北大）

我々人間の能動的な視覚を駆使するための重要な機能に、3次元空間のモデルを脳内に構築、維持することができるという能力がある。我々の視覚からの3次元環境理解への入力とは両眼で捉えた画像そのものではなく、3次元化された空間モデルである。これによって、我々は身体的位置姿勢と空間との関係を客観的な感覚として捉える。3次元環境の中で、刻々に身体位置姿勢を変えつつ空間との相対感覚を保つには重要な機能である。一方、CVはその枠組みがあまりに物理世界に埋め込まれすぎて、その幾何学的な厳密さが、このような柔軟な空間感覚を持つための災いになってはいないだろうか？もう一つの、人間の視覚では容易に実現されているのに、なかなか有効なアルゴリズムが見つからない視覚情報処理に、オペティカルフローの検出がある。人間の視覚では、オペティカルフローの検出が、運動視覚としての中心的な役割を持っている。ところが、このオペティカルフローを画像から正確に読み取ることは、依然として困難である。今後の動的なハンドアイ制御にとってのコンピュータビジョン側での主要な課題である。

富田文明（産総研）

産学共に従来から開発されている大多数の視覚システムは、2次元視覚（単眼視）による統計的解析～パターン分類を基本とする方法で、大量生産型システムには有効であったが、立体的な対象を扱う場合は、原理的に情報不足で不良設定問題となり、環境や対象に専用の条件付けが必要であり、現在の変種変量生産型システムには機能的にも経済的にも限界にきている。この問題を解決する方法として、3次元視覚による構造的解析～パターン照合があり、多様な状況で任意の形状の物体を対象として、距離計測、形状計測、物体認識、運動追跡の処理を実時間で高精度に実行することが可能となってきた。3次元視覚は、人間の眼が必要とされる多くの作業や機械に共通的に利用でき、その自動化を促進することが期待される。