

歩行の生理学・力学・制御理論と歩行支援ロボティクス

日 時：2012年12月7日（金）13:00～17:35

会 場：中央大学 後楽園キャンパス 3号館 3階 3310号室

参加者数：40名

オーガナイザ：門根秀樹（筑波大学）

<概要>

歩行は、人にとって根源的な日常動作であり、科学、工学、医学、生理学など様々な分野で研究が行われてきました。近年、福祉やリハビリテーションへのロボティクスからの貢献に対する期待と注目が高まる中で、先端的な計測技術やロボット実装、シミュレーションにより、ヒト歩行の生理学的メカニズムや歩行そのものの理解が進み、同時に工学的応用、医療への展開が進行しています。本セミナーでは、関連する各分野の最前線でご活躍されている5名の講師の方々よりご講演をいただきました。

第1話 脳による歩行制御を考える

山口大学 森 大志先生



脳の生理学の立場から、歩行運動の中樞制御についてご講演いただきました。脳幹・脊髄神経系による歩行の誘発や筋緊張制御、小脳による肢運動の位相制御、協調制御、脊髄神経系によるリズム運動生成など従来からの知見に加えて、近年の技術進歩により明らかになった、ヒト二足歩行での皮質領域の関与、サル歩行モデルでの一次運動野、補足運動野、運動前野など大脳皮質領域の各部位の役割、また脊髄反射系への影響に至るまで、一連の流れをご説明いただきました。

第2話 サルの歩行から探るヒトの二足歩行の力学と制御

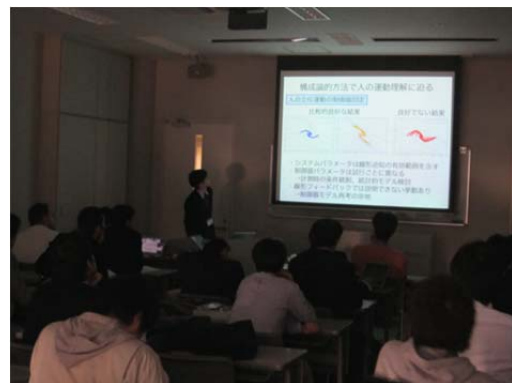
慶応義塾大学 萩原 直道先生



バイオメカニクスの視点から、ヒトの二足歩行をサルの二足歩行と比較することにより解析するアプローチについてご講演いただきました。特に、筋骨格デザインとそれに対応する運動特性に着目し、CTや解剖に基づくサルの精密全身筋骨格モデルを用いたシミュレーションによって股関節屈筋群における構造制約や関節受動弾性特性による歩容への影響を解析した例や、CPGモデルと組み合わせた上で腸腰筋弾性特性による関節軌道パターンや足部形状、骨盤形状による移動仕事率の変化についてご説明いただきました。

第3話 ロボット工学に基づく二足歩行制御の構成論的理解

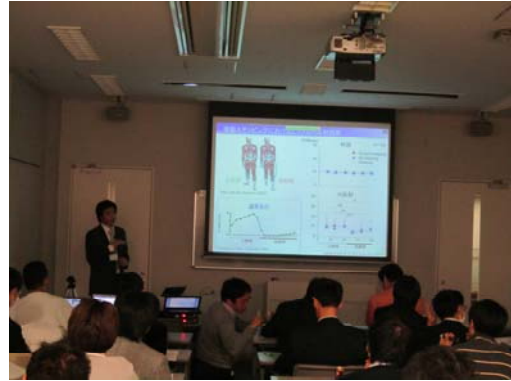
大阪大学 杉原 知道先生



ロボットの二足歩行の制御設計の分野でこれまでに培われてきた冗長性、劣駆動性、構造可変性といった物理的な記述に基づく手法によるヒト二足歩行へのアプローチについてご講演いただきました。筋、骨格、脳神経系等の内側のプロセスよりも、外から物体の挙動として見たときに成立しなければならない力学的関係として重心・反力中心モデルが導出され、その制御器の切り替えによって力学系全体を変容させることで、立位安定化制御、自励振動制御、速度追従制御が可能になることを、相図を用いてご説明いただきました。また、この観点からヒト動作計測データについてもご説明いただきました。

第4話 歩行支援ロボットを用いた脊髄損傷患者のニューロリハビリテーション

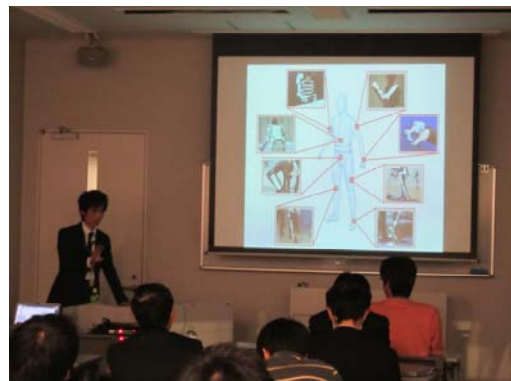
筑波大学 上林 清孝先生



大脳や脳幹などの中枢系と末梢との相互作用を媒介し、またロコモーションパターンを生成する役割を持つ脊髄回路に損傷を負った患者のリハビリテーションとそこでの支援ロボットについてご講演いただきました。免荷式トレッドミルと支援ロボットを合わせて用いたトレーニングによる歩行や筋活動のリハビリテーション効果とその神経的メカニズムについてご説明いただきました。また、努力度など他の重要なファクターや、ロボットによるリハビリに関連する議論についてもご紹介いただきました。

第5話 ロボットスーツ HAL の臨床歩行支援

筑波大学 河本 浩明先生



運動機能障害のリハビリテーションの目的で多くの病院や施設で使用されているロボットスーツ HAL についてご講演いただきました。随意制御と自律制御の組み合わせによる装着者の動作意思を反映した動作支援や、開発初期からのハードウェア設計の変遷、また近年開発された福祉用モデルを用いた大学付属病院でのプロトコルに基づく臨床試験で得られた運動機能改善について、概要をご説明いただきました。

2013年3月11日 文責 門根 秀樹



歩行の生理学／力学／制御理論と歩行支援ロボティクス

日時：2012年12月7日(金) 13:00~17:35 (開場 12:30)

会場：中央大学 後楽園キャンパス 3号館3階 3310号室 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27)

キャンパス案内図：http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/campusmap/korakuen_j.html

交通：東京メトロ丸ノ内線・南北線 後楽園駅下車，徒歩5分

都営三田線大江戸線 春日駅下車，徒歩7分

JR 総武線 水道橋駅下車，徒歩15分

http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/access/access_korakuen_j.html

定員：40名 (定員になり次第締め切らせていただきます)

参加費：当学会及び協賛学会の正会員／8,400円，会員外／12,600円，学生(会員，非会員を問わず)／4,200円，
当学会賛助会員 招待券ご利用／無料，優待券ご利用／4,200円，左記サービス券なし／12,600円

- ・賛助会員の皆様へ：上記の招待券(2枚/口)及び優待券(10枚/口)は，年頭に各賛助会員学会窓口様宛に配布させて頂いておりますので有効にご活用ください。
- ・課税について：当学会及び協賛学会の正会員，学生(会員，非会員を問わず)の場合の参加費は不課税，それ以外の場合の参加費は税込となりますのでご承知おき下さい。

口上：歩行は，人にとって根源的な日常動作であり，科学，工学，医学，生理学など様々な分野で研究が行われてきました。近年，福祉やリハビリテーションへのロボティクスからの貢献に対する期待と注目が高まる中で，先端的な計測技術やロボット実装，シミュレーションにより，ヒト歩行の生理学的メカニズムや歩行そのものの理解が進み，同時に工学的応用，医療への展開が進行しています。本セミナーでは，関連する各分野の最前線でご活躍されている講師の方々よりご講演をいただきます。

オーガナイザー：門根 秀樹 (筑波大学)

WEBサイト：「日本ロボット学会>ロボット工学セミナー」よりご確認ください。

<http://www.rsj.or.jp/seminar>

講演内容：

13:00-13:10 <開会挨拶・講師紹介>

13:10-14:00 **第1話** 脳による歩行制御を考える

山口大学 森 大志

歩行運動の中核制御に関する研究は，これまで主に四足歩行動物を対象として実施され，その基本的実行系(歩行誘発や筋緊張制御)は脳幹・脊髄神経機構により発現していることが明らかになった。さらに，小脳が肢運動の位相制御すなわち協調運動制御に関与することや脊髄神経回路による律動的肢運動パターン生成に関する概念もその後提唱されてきた。一方，近年の飛躍的な技術進歩はヒトを実験対象とすることを可能とし，二足歩行運動が脳幹以外にも大脳皮質領域の機能を動員して実行されていることが示されている。本セミナーではこの一連の流れ，さらには我々の得た研究成果を紹介しながら，大脳皮質と歩行運動との関連を考察したい。

14:00-14:50 **第2話** サルの歩行から探るヒトの二足歩行の力学と制御

慶応義塾大学 荻原 直道

ヒトは進化の過程において，常習的直立二足歩行という，他の霊長類とは大きく異なる特徴的な移動様式を獲得するに至った。したがって，ヒトの二足歩行の力学的特徴とその制御機構を明らかにするためには，ヒトの二足歩行をヒト以外の霊長類のそれと対比的に分析することが有効である。本講演では，我々のグループで進めてきた二足歩行訓練を受けたニホンザルの二足歩行の運動学的・生体力学的分析，およびその解剖学的精密筋骨格モデルに基づく順・逆力学シミュレーションについて紹介する。サルの分析からヒトの二足歩行の力学と制御の特徴に迫ってみたい。

14:50-15:40 **第3話** ロボット工学に基づく二足歩行制御の構成論的理解

大阪大学 杉原 知道

人の運動を，筋・骨格・脳神経等の身体構成要素の結合系がなす内界の力学ではなく，むしろ身体と外界がなす力学系の冗長性，劣駆動性，構造可変性等に着目し，そのような系がとる合目的振る舞いととらえることで，運動制御系がもつべきメカニズムを数学的必然性に基づいて説明することができる。このような考え方は，ロボットを歩かせるための制御器設計問題へのアプローチとしてロボット工学では自然に行われている。一方，人の運動原理を理解するための糸口としては，必ずしも有効に採用されてはいないようである。本講演では，人の身体科学，運動制御を理解する上で基礎となる数理を説明し，講演者自身による最近の関連研究を紹介する。

15:40-16:30 **第4話** 歩行支援ロボットを用いた脊髄損傷患者のニューロリハビリテーション

筑波大学 上林 清孝

近年，神経疾患による運動機能障害者の歩行回復に向け，免荷式歩行トレーニングが行われている。これは動物実験による成果から発展したニューロリハビリテーションの代表例であるが，麻痺が強い場合にはセラピストが患者の脚を徒手的に動かす必要があるため，セラピストの身体的負荷が増大し，長時間の歩行訓練が困難となる。それら問題点を解決する目的で，装着型の歩行支援ロボットが開発されている。本講演ではこの免荷式歩行トレーニングの理論背景を紹介するとともに，歩行支援ロボットを用いることで明らかとなったヒト二足歩行の制御機構や脊髄損傷患者に対するリハビリテーション効果を神経生理学的な観点から説明する。

16:30-17:20 **第5話** ロボットスーツ HAL の臨床歩行支援

筑波大学 河本 浩明

ロボットスーツ HAL(Hybrid Assistive Limb)は，装着者の運動意思に応じたアシスト動作を実現することで，装着者の随意的運動を支援する人間・機械一体型ロボットであり，現在，数多くの病院や福祉施設で使用されている。これらの施設では，医師や療法士が協力して HAL という全く新しい身体機能を支援するツールを駆使し，これまででない歩行訓練方法の模索が始まっている。筑波大学附属病院を含む多施設の臨床研究報告から，HAL による歩行訓練を継続することで，運動機能障害を有する方々の歩行能力を改善することが分かってきた。本講演では，ロボットスーツ HAL の制御方法および動作原理の概要とともに，筑波大学附属病院との共同研究によって得られた最新の臨床研究成果を紹介する。

17:30-17:35 <閉会挨拶>