

訪問日 2015年8月25日

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 機械工学系 秋月 拓磨 助教

研究題名：運動スキル分析のための運動時系列の記号化に関する研究

豊橋科学技術大学・秋月拓磨先生を訪ねて

秋月先生はこの4月に山梨英和大学から古巣の豊橋技術科学大学に移られました。先生の研究室は、運転者の予防安全支援を目的に、画像認識と信号処理を統合して、生体などの状態評価・診断・予測システムなどの開発を行っています。

最初にバイオロジカル・モーションという、線がなく光点だけの動きで、誰がいるのか、何をしているのかが知覚できる画像を見せていただきました。先生の狙いは、基本的には人が今見て知覚していることをコンピュータでも実現したいとのこと。研究の方向性は、人の行動を理解して、その内容に基づいて人を支援したいとのこと。課題は人の動きの中に含まれている癖とかスタイル、スキルと言った個人の特徴の情報をどうやって取り出すかです。センサから計測したデータは、例えば加速度・ジャイロセンサから得られる時系列データであり、曖昧な情報である癖などの個人の特徴をどうやって定量的に取り出すかです。

そこで、先生が提案している解析アルゴリズムは、下図に示すフローチャートです。経時的に動きの大きさとか動かし方に応じて振幅が変わる時系列データを、ある区間毎、周期的動作であれば1周期分のデータを取り出して、変数が横軸、縦軸になるような相平面（または相空間）に移します。そうすることで、時間の因子が一旦消えます。基本的に運動のデータは多変量時系列データですので、変量間の関係性がこの空間の中で幾何的な形で表わされます。その形を評価することで、同じような運動であれば同じような軌道になるし、動かし方を速くすれば軌道が面長になるなど変化します。運動の特徴を軌道の形で評価するのがこの手法の特徴です。次に、この1個の軌道を1つの点とする別の空間にもう1回移します。それは、この軌道を非線形力学系のある種の力学モデルで近似して、そのモデルのパラメータを使って1つの点とするような空間に移します。そうすることで、相空間では軌道の形だったものが、記号空間にすると例えば2次元空間の中の1個の点で1つの軌道が表されるようになります。すなわち、時系列データから最終的には記号空間で運動の近さ（類似度）を測ることができます。同じような運動なら点が接近し、何か異常な動き、大きく違う運動なら遠くに離れますので、そういう点群の集まり、クラスターを評価することで、動作の共通性、個人性を評価するものです。

単純な具体例として振り子の運動を説明いただきました。振り子の運動の場合、支点があってその先におもりがあり、振り子の長さを変えたり、軸の摩擦係数を変えたりすると、振動の様子が変わります。それをこの記号空間を使って判別できるかをシミュレーションしてみました。実験では4パターン、摩擦係数を0.6と0.08、糸の長さを0.726と0.308とし、ある角度で振り子を離すと周期的な振動が起こり、摩擦があると必ず振動は減衰します。このとき、横軸を振り角、縦軸を振り子の角速度とする相平面を描くと、振り子の運動は渦状の軌道をとります。逆に摩擦が小さければ徐々に減衰しますが、かなり単振動が続くような状態になります。糸の長さを短かくすると、より振りの速度が上がり、縦に面長に伸びるような軌道を描きます。最終的に前の4つの条件で運動させた時のデータをパラメータ化、記号化すると、4つのクラスターが重複なく形成される結果になります（下図）。振り子の長さに伴う振動周期の変化、摩擦係数の変化に伴う減衰の様子がそれぞれ判別できます。これを例えば人の腕振り運動に見たてると、摩擦係数の変化は関節の柔軟性（身体差）、振り子の長さの変化は腕の動かし方（運動差）の違いで対応付けられるようです。時系列データにおける振幅値の平均や分散といった統計的な特徴量を用いた従来手法では、腕の長さの違いによる差が見られず、2つのクラスターしかできないことから、

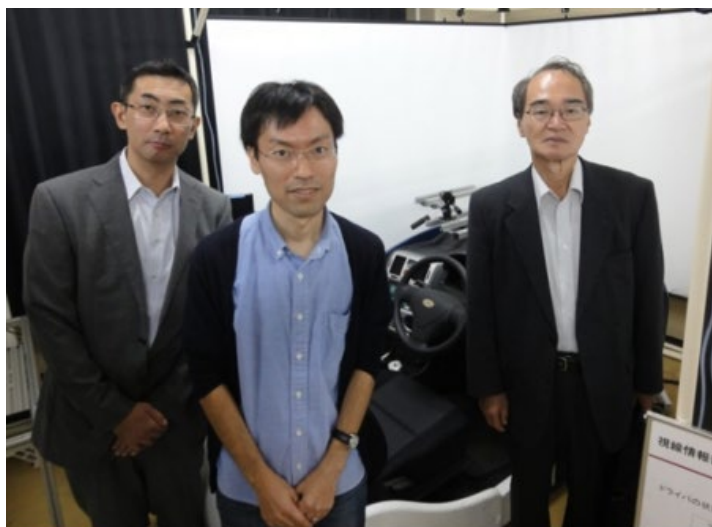
この方法の優位性が分かります。振り子と異なり、実際の動作に適用するときは1周期なり、ある区間をどうやって取り扱うかはかなり重要で、そこが実際の解析に転用するときの1つの課題になるようです。

実際の動作への適用では、外乱の少ない、人が歩くという一番基本的な動作で手法を検討しようと、現在、人の歩行データを収集しています。全身の運動なので、振り子モデルと異なりデータの数がかなり多くなります。全部のデータを使っても理論上は何次元でも軌道の相空間は作れますが、余り現実的ではありません。採取したデータをどうやって次元削減するかが今の段階で、歩行データから主要な変数を選ぶことを検討しています。右足先、左大腿、腰、左腕にウェアブルセンサを付け歩行実験をしますが、腰の動きはどの人も余り変わりませんが、右足先、左大腿の足運びは人によって違うようです。モーションキャプチャーによる全身のデータでなくても、加速度測定用ウェアブルセンサで得られる部分的なデータでも個人差を見出すことができ、どの部位のデータが優位なのかは今後の課題のようです。

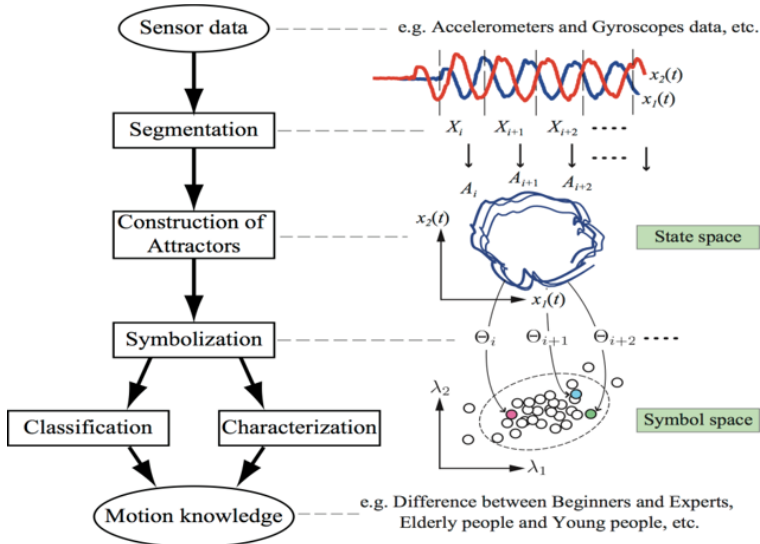
また、車の運転動作への適用もドライビングシュミレータ（DS）を用いて実験をして検討しています。運転免許者でもDSで運転すると、DS特有の癖により、実際の運転のように思うように動かせなかったりします。そこで、何回か練習していくとDSの特徴に慣れていく、その習熟の過程のデータを解析を始めています。運転の不安定さと動作の速さを縦軸、横軸にすると、人によって慎重派と大胆派があり、異なったデータが得られ、同じコースなのに人によっては不安定な動作をするなどの個人差、習熟のプロセスに差があるようです。応用先として技能教育の現場でこの技術が活用できないか考えています。例えば自動車の安全運転講習の場面で、癖による危険性を指摘できるようなシステムです。

専門外の為、大雑把な理解しかできませんが、実際の動作に結び付ける困難さと、実現したときの応用の広さを感じた訪問でした。

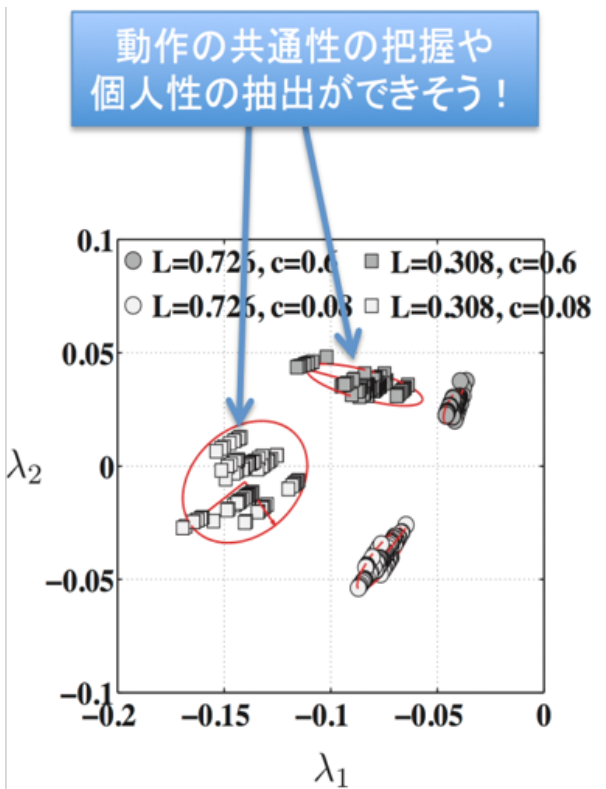
（2015年8月25日訪問、技術参与・飯塚）



中央が秋月先生
(ドライブシュミレータの前で)



先生が提案する手法(アルゴリズム)



振り子を4条件でシミュレーションした
ときの記号空間での動作特徴の抽出