

## モノ・コトの関係性

真栄城哲也

図書館情報メディア研究科助教授

### 色々な関係性

この世界は様々な観点から捉えることができる。その1つとして、モノ・コトとそれらの間の関係性、さらにはモノ・コトの量を含めて捉える方法がある。この方法は物事を表現する手法として広く使われている。把握のしやすさということと、人間は対象物を主に物事とそれらの間の関係性として捉えている可能性がある、という2点がその理由かもしれない。

関係性として直接把握できるものもあれば、隠れた関係性の場合もある。これらの「関係性」にモノとモノが影響しあうことや力を及ぼしあう「相互作用」や時空にわたる「つながり」も含まれるとする。このような関係性で捉えることを、ここではネットワークで表現・捉えることとする。

近年、Small World Network という名称に代表されるネットワークの研究が盛んに行われている。ネットワークの研究では、ス

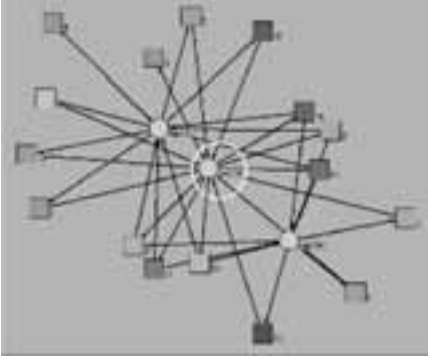
ケールフリー構造やハブ・スポーク構造といった大局的な特徴が議論されることが多いが、ここではより具体的な対象について、これまでに研究してきた内容について述べてみたい。

### 会話

会話をネットワークとして捉えることができる。その1つの表現として、人と発言をそれぞれ円で表し、発言した人と発言内容、そして発言と受けた人をそれぞれ関係とみれば、会話における発言関係をネットワークで表現できる。この手法で、シリーズものの群集劇のドラマを用いて、それぞれの回を異なる脚本家が担当したシナリオを解析した。

それぞれの回における会話の実施時間と登場人物数(3人)は同じである。会話の主導権を握っている人物(主導権者)が同じ間を1シーンとして、シーン毎に登場人物

と発言関係から会話のネットワークを生成し、最も安定したネットワークの構造をエネルギー関数を使って求める。そして、会話の主導権者と他の人物のネットワーク内での位置関係によってシーンを分類する。



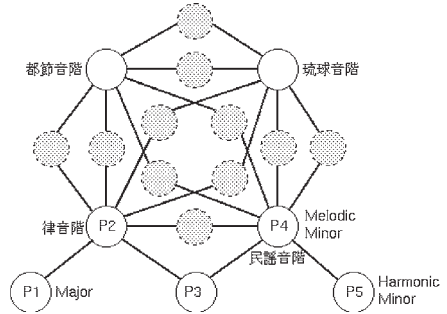
図は1シーンのネットワークである。ここでは●は登場人物を表し■は発言を表していて、円で囲まれた●は会話の主導権者である。当然シーン毎にネットワークの構造が異なる。

しかし、会話全体を見たときに、脚本家毎でネットワーク構造のパターンの分布に特徴があることが判った。また、同じ脚本家では異なる脚本でもネットワーク構造の出現頻度のパターンが似ることが判った。

### 音階

別の例としては、音楽の音階がある。西洋音楽では1オクターブに12音ある。音階は5音で構成される5音音階が基本であり、

1オクターブの12音の中から任意の重複しない音を5つ選べば、任意の5音音階が作れる。この場合、155種類の5音音階が生成できる。この時、2つの音階の間で1音だけ違う2音階を関係づければ、音階をネットワークで表現できる。このネットワークは左右対称である(図)。



この図は5音音階のネットワークの一部であり、●は1つの5音音階を表し、4種類の日本の伝統音楽で使われる音階と、長調(major)と2つの短調(minor)の音階の関係を表している。P1~P5はギリシャ旋法の7音音階から派生する5つの5音音階であり、灰色の●は、あまり使われない音階である。西洋音楽では調が大きな特徴だが、一般的には長調は明るく、短調は暗い、との印象がある。しかし面白いのは、音階のネットワークでは、長調の音階と短調の音階の位置関係は非対称であり、短調の音階は長調の対極にではなく中央よりの位置にある。そのため、長調と短調の印象はそれぞれ「明

るい」と「薄暗い」、または「うれしい」と「ちょっと悲しい」とすべきかも知れない。

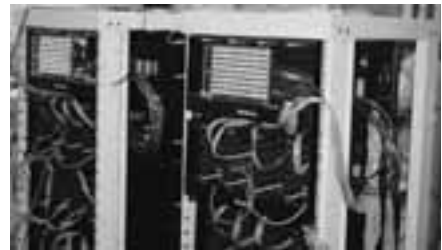
6音階はネットワーク上で接続された2つの5音階を融合することで得られ、さらに1音違いの6音階を2つ融合すれば7音階が得られる。6音や7音でも音階のネットワークの対称性は同じだが、長調と短調の位置関係はやはり非対称である。パリティの法則が弱い相互作用では破れているために自然はやや左利きであることと同様に、音楽の基本である音階も非対称であることから、音楽にも利き腕があると言えるかもしれない。

この音階のネットワークは、モード音楽に類似した編曲方法に使うことができる。元の曲の和音からその和音の構成音を含む音階を生成し、その音階と少し違う音階を利用して、和音を新しく作るという方法である。新しく使う音階と元の音階の間の相違音の数が多いほど、編曲の度合いが大きいとみなす。音階のネットワークでは1音違いの音階を結んでいるので、ネットワーク上では相違音の数は音階間の距離に相当する。

### ネットワークのシミュレーション

他にも様々な対象をネットワークとして捉えることができ、さらにはモノの量とそれらの量がどのような関係で変化する

か、といった表し方が可能である。例えば、物流、生物の移動、金融、取り引きなどが挙げられる。これらの対象を高速にシミュレーションできれば、全体としての挙動と個々の要素の動きの関係を探ることができる。そこで、モノの量が他のモノとの関係によって変化する対象のシミュレーションに特化した専用の回路を設計し、シミュレーションシステムを構築した。それがネットワークシミュレータ **Starpack** である(写真)。**Starpack** の目的は、大規模なネットワークのシミュレーションを通じて、ネットワークで起こる現象を理解し、新たな知見を見いだすと同時に、ネットワークを予測・制御し、さらにはネットワークをデザインすることである。



最初のシミュレーション対象として生体内の生化学反応を選択した。生化学反応については未知の部分がまだ多いが、人間関係や物流よりもデータが取りやすいし、これまでの蓄積もある。生化学反応の場合、反応を分子間の関係と捉えることができ、

同じ反応に係わる分子同士を接続することでネットワークが生成できる。1つの細胞には分子が約10万種類あり、これらが1秒間に数万回の速度で反応する。このように大規模なネットワークのシミュレーションには膨大な処理を要する。Starpackは高速化のため、すべての代謝反応の処理をハードウェアで実装している。例えば、AとBが反応してCとDが生成される場合、単純に言えばA、B、C、Dの分子数量が変わっている訳である。そこでこれらの値を保持して、反応に合わせて一方の数を減らし、他方を増やすという処理を行い、増やし方は反応の種類に応じて処理を変える。

生化学反応を微分方程式でモデル化すれば通常の計算機で実行できるが、この場合には計算に時間がかかる。一方、分子の量をそのまま数値的にとらえ、反応に応じて値を増減するStarpackの方法は、単純に一つの反応だけを見れば時間がかかるが、反応を幾つ重ねようが想定している時間を刻みさえすれば良いため、多くの反応が相互作用する場合でも実質的な計算時間はほとんど変わらない。これがStarpackの特徴である。ソフトウェアによるシミュレーションと実行速度を比較した結果、Starpackは1万倍以上速かった。これは、今まで1年かかっていたシミュレーションが1時間で完了するということである。また、対象によっ

ては100万倍の速さであった。

生物では、反応に参加する役者(分子)は判ってきたが、役者同士がどう関係しているかについては、まだまだ未知の部分が多い。ネットワークの構成要素は判明しているが、どのような形のネットワークなのか判らないということである。高速シミュレーションによってより大規模なネットワークの構造を推定しやすくなる。

さらに、移動体、社会現象、経済現象、物流、あるいは災害時の避難などのシミュレーションにも使うことができる。

## 関係性のデザイン

今日、我々は様々な「関係性」の中で生きていて、行動等が目に見える物理的な関係性に加えて、情報環境的・社会制度的な「無形」「ソフト」な関係性によって規定されていると思われる。一方、人、モノ、カネ、情報の流れ全体の運営を考えると、インフラに行き着く。これらをネットワークとして捉え、その運用方法を探ることは、「関係性をデザインする」ことであると考えている。

(まえしる てつや/計算生物学・応用情報学)