

# 構造の数理

## IV. 演算の体系と代数的構造 (その 4)

Sakaé Fuchino (湊野 昌)

Kobe University (神戸大学大学院 システム情報学研究科)

`fuchino@diamond.kobe-u.ac.jp`

`http://kurt.scitec.kobe-u.ac.jp/~fuchino/`

(November 10, 2010 (16:10 JST) version)

神戸大学 2010 年度後期の講義

November 4, 2010

This presentation is typeset by p<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X with beamer class.

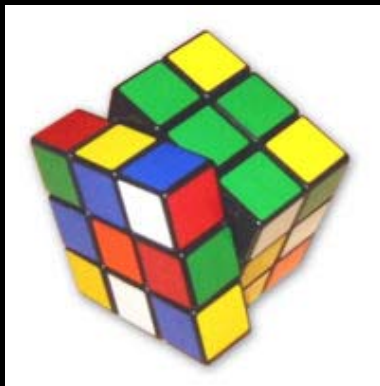
▶ ルービック・キューブの操作の全体は，操作の合成を演算として群になる．

▶ 「何もしない」という操作が単位元で，「逆」の操作が逆元である．



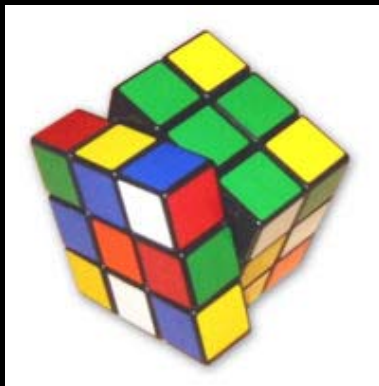
▶ ルービック・キューブの操作の全体は，操作の合成を演算として群になる．

▷ 「何もしない」という操作が単位元で，「逆」の操作が逆元である．



▶ ルービック・キューブの操作の全体は，操作の合成を演算として群になる．

▷ 「何もしない」という操作が単位元で，「逆」の操作が逆元である．



▶ ルービック・キューブの操作の全体は，操作の合成を演算として群になる．

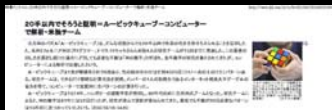
▷ 「何もしない」という操作が単位元で，「逆」の操作が逆元である．

(時事ドットコム 2010年8月15日)

20手以内でそろすと証明 = ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム

立方体のパズル「ルービックキューブ」は、どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられることを証明したと、米カリフォルニア州のプログラマー、トマス・ロキッキさんら米独4人の研究チームが15日までに発表した。この最善の回し方を選択し続けた場合にどうしても必要な手数は

「**神の数字**」と呼ばれ、長年数学の研究対象とされてきたが、コンピューターによる解析で決着したという。

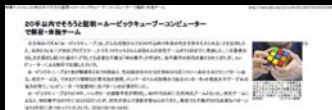


(時事ドットコム 2010年8月15日)

20手以内でそろそろと証明＝ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム

立方体のパズル「ルービックキューブ」は、どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられることを証明したと、米カリフォルニア州のプログラマー、トマス・ロキッキさんら米独4人の研究チームが15日までに発表した。この最善の回し方を選択し続けた場合にもどうしても必要な手数は

「**神の数字**」と呼ばれ、長年数学の研究対象とされてきたが、コンピューターによる解析で決着したという。



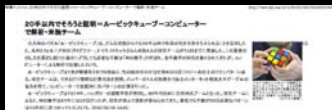
(時事ドットコム 2010年8月15日)

## 20手以内でそろそろと証明＝ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム

立方体のパズル「ルービックキューブ」は、どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられることを証明したと、米カリフォルニア州のプログラマー、トマス・ロキッキさんら米独4人の研究チームが15日までに発表した。この最善の回し方を選択し続けた場合にもどうしても必要な手数は

「**神の数字**」と呼ばれ、長年数学の研究対象とされてきたが、コンピューターによる解析で決着したという。





(時事ドットコム 2010年8月15日)

20手以内でそろそろと証明＝ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム

立方体のパズル「ルービックキューブ」は、どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられることを証明したと、米カリフォルニア州のプログラマー、トマス・ロッキキさんら米独4人の研究チームが15日までに発表した。この最善の回し方を選択し続けた場合にもどうしても必要な手数は

「**神の数字**」と呼ばれ、長年数学の研究対象とされてきたが、コンピューターによる解析で決着したという。

(時事ドットコム 2010年8月15日)

## 20手以内でそろろうと証明 = ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム (続き)

ルービックキューブは1面が縦横各3列で6面あり、色の組み合わせは計約4325京(けい = 兆の上のけた)パターンある。研究チームは、できるだけ簡略な計算方法を開発。メンバーの1人の勤務先であるインターネット検索大手グーグルの協力を得て、コンピューターで実質的に全パターンの計算を行った。

ルービックキューブは1974年、ハンガリーの建築学者が発明し、80年代初めに世界的大ブームとなった。研究チームによると、神の数字は81年には52回だったが、研究が進んで更新が重ねられてきた。最低でも手数が20回必要なパターンは15年前に見つかっていたという。

(2010/08/15-14:26 時事ドットコム)

(時事ドットコム 2010年8月15日)

## 20手以内でそろろうと証明 = ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム (続き)

ルービックキューブは1面が縦横各3列で6面あり、色の組み合わせは計約4325京(けい = 兆の上のけた)パターンある。研究チームは、できるだけ簡略な計算方法を開発。メンバーの1人の勤務先であるインターネット検索大手グーグルの協力を得て、コンピューターで実質的に全パターンの計算を行った。

ルービックキューブは1974年、ハンガリーの建築学者が発明し、80年代初めに世界的大ブームとなった。研究チームによると、神の数字は81年には52回だったが、研究が進んで更新が重ねられてきた。最低でも手数が20回必要なパターンは15年前に見つかっていたという。

(2010/08/15-14:26 時事ドットコム)

(時事ドットコム 2010年8月15日)

## 20手以内でそろろうと証明 = ルービックキューブ — コンピューターで解析・米独チーム (続き)

ルービックキューブは1面が縦横各3列で6面あり、色の組み合わせは計約4325京(けい = 兆の上のけた)パターンある。研究チームは、できるだけ簡略な計算方法を開発。メンバーの1人の勤務先であるインターネット検索大手グーグルの協力を得て、コンピューターで実質的に全パターンの計算を行った。

ルービックキューブは1974年、ハンガリーの建築学者が発明し、80年代初めに世界的大ブームとなった。研究チームによると、神の数字は81年には52回だったが、研究が進んで更新が重ねられてきた。最低でも手数が20回必要なパターンは15年前に見つかっていたという。

(2010/08/15-14:26 時事ドットコム)

Ernő Rubik (Budapest, 1944 – )



Ernő Rubik (Budapest, 1944 – )

- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。

- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。



- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。

- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。

- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。

- ▶ ルービック・キューブが「どんな状態からでも20手以内で各面の色を全部そろえられる」ということは、ルービック・キューブの操作の群のすべての要素が、基本操作（とその逆）の20以内の組合せの積の形で表現できる、ということである。
  - ▶ この問題の解決では、最終段階でコンピュータが用いられているが、そのためにはもとの問題をコンピュータ処理可能な計算量の同値な問題に reduce する（帰着させる / 簡略化する）必要があり、そのために数学的な考察が不可欠である。
  - ▶ 一般に、コンピュータは数学の証明をみつける（問題を解く）ときの（強力な）道具の1つとして用いることはできるが、コンピュータが自律的に数学をすることは（まだ）できない。
  - ▶ ただし、コンピュータが数学を含めて人間の行なっている知的な活動以上のことができるようになることは不可能だ、とは限らない。逆に、それほど遠くない未来、人類が滅んで、あるいは人類の知性が退化して、コンピュータが地球上の唯一の知的“生物”として生きのこる、という展開は非常にありそうなシナリオだと思う。

このスライドも含めて，講義のスライドと，スライドの printer friendly version は，

<http://kurt.scitec.kobe-u.ac.jp/~fuchino/kobe/index.html>

に順次リンクします．

このスライドも含めて，講義のスライドと，スライドの printer friendly version は，

<http://kurt.scitec.kobe-u.ac.jp/~fuchino/kobe/index.html>

に順次リンクします．