

## 開始 Codon と終止 Codon の関係について

## On the Relationship with Start and Ending Codon

松岡 保江 ○和田 平司 三角田 秀実 福田 美和  
林 郁枝 伊藤 美香

Yasue Matuoka Heiji Wada Hidemi Misumida Miwa Fukuda  
Ikue Hayashi Mika Itoho

(所属なし)

あらまし m-RNA において、開始 Codon(AUG)と終止 Codon(UAA,UAG, UGA)の関係について検討したので報告する。

キーワード Codon Code アミノ酸 符号理論 結合子

## 1.はじめに

4つのヌクレオチドから3つのヌクレオチドの結合によりアミノ酸ができる。

理論的にはアミノ酸の数は64個である。異なるアミノ酸の数は20種類である。

そして、Codon Code に於いて開始 Codon の(AUG)が唯一であり、終止 Codon(UAA,UAG, UGA)の3つなのかについて検討したので報告する。

## 2. 本論

m-RNA 等のプロセッシングに於いて CAP やポリ A テール等のいわゆる同期を取る前段があつて、AUG:開始 Codonを検出し遺伝子の復号がプロセッシングやスプライジングを経て可能となる。

此の CAP やポリ A テールの後の開始 Codon が複数あると、誤る確率も増加することになり、統一が取れなくなる。

よって、開始 Codon(AUG)と終止 Codon(UAA, UAG,UGA)の関係について報告する。

2-1)5° → 3° の転写のときにおこる情報値と遺伝情報値(I,V,X,Ø)を求めることにする。

表1の様に表される。

表1 情報値と遺伝子の値

アミノ酸 (Codon)	情報値 5° → 3°	遺伝値 I,V,X,Ø
(AUU)	ØorØØ	ØorØØ
イソロイシン (AUC)	V	I X
(AUA)	XorXX	XorXX
開始メチオニン (AUG)	I X	V
チロシン (UAU)	ØorØØ	ØorØØ
(UAC)	V	I X
終止 Codon (UAA)	XorXX	XorXX
終止 Codon (UAG)	I X	V
システイン (UGU)	I X	V
(UGC)	V I	I V
終止 Codon (UGA)	I X	V
トリプトファン (UGG)	XorXX	XorXX

4つのヌクレオチドにギリシャ・ローマ数と 2bit のデジタル値を当てはめると、以下の様になる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{U (ウラシル)} = \overline{\text{A}} = \text{X} = 1 \ 1 \\ \text{C (シトシン)} = \overline{\text{G}} = \text{I} = 0 \ 1 \\ \text{A (アデニン)} = \overline{\text{U}} = \text{O} = \text{O} \\ \text{G (グアニン)} = \overline{\text{C}} = \text{V} = 1 \ 0 \end{array} \right\} \text{①}$$

の関係が成立する。

2bit の最小単位の値から①式の関係が成立する。

5° → 3° の転写の情報値はヌクレオチドを経由して、ギリシャ・ローマ数を当てはめる。又、遺伝子情報の値は直接ギリシャ・ローマ数を当てはめる。

以上 2 つの計算が成り立つことになる。

但し、ギリシャ・ローマ数には結合子の関係がある。

ド・モルガンの定理は②式で表される。

$$\text{A} \cdot \text{B} \cdot \text{C} = \overline{\overline{\text{A}} + \overline{\text{B}} + \overline{\text{C}}} \quad \dots \text{②}$$

となる。

## 2-2) 開始 Codon が AUG の唯一である理由

Codon Code は効率が非常に良いようにできている事が理由の一つである。

表 1 のイソロイシンとメチオニンを見ると、5° → 3° の情報値と I, V, X の遺伝情報値の値が、イソロイシンの対関係にある AUC とメチオニンのそれらの値を比較すると前者が V, IX、後者が IX, V となり、二つに別れようとする為に、メチオニンは唯一開始 Codon として存在する。

イソロイシンの Codon の反転を考えるとそこに終止 Codon がある。

だから効率が良いことになる。

よって終止 Codon はチロシンと終止 Codon に別

れる為に 5° → 3° の情報値と V, IX の遺伝値がチロシンの場合 V, IX、終止 Codon の場合は IX, V となり、対の関係 2 つによって別れる。

終止 Codon が UAA と UAG となる。

## 3. 考察

3-1) アミノ酸があって、2 つのアミノ酸に種類が別れる場合は 5° → 3° の情報値が反転関係にある場合である。

5° → 3° の転写の情報値は式②より求まる。これを表 2 に示す。

表 2-1

アミノ酸 (CodonCode)	5° → 3° の情報値	I, V, X の遺伝値
アミノ酸 A	V (IX)	IX (V)
アミノ酸 A	V (IX)	IX (V)

表 2-2

アミノ酸 A	V (IX)	IX (V)
アミノ酸 B	IX (V)	V (IX)

表 2-1 のように、5° → 3° の情報値と I, V, X からなる遺伝情報値への値が、同じ場合、アミノ酸は同じ関係にあり、同じアミノ酸 A となる。

しかし、表 2-2 の場合のように、5° → 3° の情報値と I, V, X からなる遺伝情報値が対になっている場合、アミノ酸は別のアミノ酸に種類が別れる。即ちアミノ酸 A · B になる。

此の関係をを用いるとアミノ酸が 20 種類となる説明ができる。

此の法則を用いることにより、色々な分析が可能となる。

3-2) 開始 Codon (AUG) と終止 Codon (UAA,UAG,UGA) についての考察

a) 表 1 のイソロイシンとメチオニンの AU※グループの Codon とチロシンと終止 Codon の UA※グループの Codon を比べてみると、全く同じ  $5^{\circ} \rightarrow 3^{\circ}$  の情報値と I, V, X の遺伝値の値が全く同じである。

とすると、メチオニンが普通なら Codon Code で AUG となっているが、アミノ酸が 2 つの縮重と考えられるが、すると AUA が、イソロイシンでなく、メチオニンとすると、UAU も終止 Codon となり、終止 Codon だらけになる。

チロシンの縮重関係がおかしくなるので、開始 Codon AUG がただ一つ存在する理由である。よって、メチオニンは一つであり、縮重はない。チロシンは 2 つの縮重となり、イソロイシンは 3 つの縮重となる。

b) 終止 Codon の UGA について

AUG が開始 Codon で 2bit の“0, 1”のデータで表すと、(001110) = AUG となる。

どちらかに突然変異が起きるという事は、CAP とポリ ATail のプロモータに於いて読みのずれが生じた場合に、ヌクレオチド分 2bit ずれるとする。右に 2bit ずれると

(100011) = GAU

さらに 2bit ずれると

(111000) = UGA

の縮重が起きる

左に 2bit ずれると

(111000) = UGA

右に 4 bit ずれると UGA で終止 Codon 突然変異を中止する。

左に 2bit ずれると UGA で終止 Codon となる。

これは、何を意味するかということ

右 AUG→GAU→(UGA)→※

左 AUG→(UGA)→※

UGA とはもう一つの終止 Codon である。

AUG のプロモータが何の影響でヌクレオチド分ずれたとすると、アミノ酸ができず、突然変異を中止しようとする為に UGA が終止 Codon になっている理由の一つである。

#### 4. 結論

本論では、m-RNA 又は DNA において、Codon Code が作るアミノ酸から  $5^{\circ} \rightarrow 3^{\circ}$  の情報値や I, V, X,  $\emptyset$  の遺伝情報値を求めることにより、開始 Codon (AUG) や終止 Codon の (UAA, UAG, UGA) の関係について検討した結果

① Codon Code は効率が非常に良いようにできている事が理由の第 1 番目である。

② イソロイシン (AU※) のなかで、ただ 1 つメチオニン (AUG) が存在する。

③ メチオニンの Codon の反転が UA※グループのチロシン (UA※) の中の UAC となる。

UA※グループの中に終止 Codon UAA, UAG が存在する。

④ 終止 Codon の UGA が終止 Codon の仲間かというのは突然変異によるプロセッシングで開始 Codon AUG のずれが生じた場合の防止として UGA が終止 Codon として存在する。

以上の事から、開始 Codon と終止 Codon が 1 つと 3 つある基本的理由であることを証明した。

さらに実験により、さらなる検討が必要である。

#### 参考文献

- (1) 望月新一“宇宙際タイヒミューラー理論への誘い《レクチャーノート版》”京大数理研(2015年)
- (2) 和田、三角田ら“ギリシャ・ローマ数の結

- 合子について”FIT2018 情報科学技術  
フォーラム P349~350 (2018年)
- (3) 和田、大庭ら“IVPITEL は雨に乗って遣  
ってくるーギリシャ、ローマ数について  
ー第83回情報処理学会全国大会ー  
PP149~150 (2021年)
- (4) 和田、林ら“IVPITEL は郭公の翼を広げ  
ているーギリシャ・ローマ数の符号理論  
ー”FIT2022 情報科学技術フォーラム  
PP117~121 (2022年)
- (5) 志村令郎“RNA スプライシングの機構ー  
多様性と共通性ー化学と生物 Vol25 No.  
10、京都大学理学部 PP658~666(昭和 62  
年)
- (6) 吉久徹“ tRNA 型スプライシングの新展  
開”生化学第 85 巻第 2 号 PP89~92(2013  
年)
- (7) 和田、松岡ら“Codon Code とアミノ酸に  
ついての考察”第 86 回情報処理学会全国  
大会 PP4-309~310(2024年)