

## A. K. Erlang の生涯

B. Brockmeyer and H. L. Halstrøm

訳: 高木英明

筑波大学大学院 システム情報工学研究科

“Bene qui latuit, bene vixit” (よく隠れし者はよく生きし者)  
古代ローマの詩人 Publius Ovidius Naso の作品 Tristia (哀歌) より引用

Agner Krarup Erlang (アイナ・クガーゴップ・エアラン) は、1878年1月1日に、Jutland (ユトランド) 半島を流れる Skern (スケアン) 川の南にある Tarm (ツァーム) という小さい町に隣接した Lønborg (ルンボー) 村で生まれた。

彼の父 Hans Nielsen Erlang (ハンス・ニールセン・エアラン) は村の立派な教会書記であり、公式の肩書きは schoolmaster and precentor (学校長兼祈祷先唱者) というものであった。H. N. Erlang は南ユトランド地方で生まれた。彼の家系については殆ど何も知られていない。しかし、Erlang という名前は、Erlandsen (エアランセン) という名前が崩れたもの(多分、ドイツ人牧師の責任)と信じられる。彼は、Jelling (イエリン) の教員養成大学で良い教育を受けた。この大学は、当時、学長であったデンマーク国民高等学校の著名な構成員 H. J. M. Svendsen (スヴェンセン) の影響下にあり、Tønder (ツナ) にあったドイツの影響を強く受けた大学で教育を受けたくない Slesvig (スレスヴィ) 出身のデンマーク人気質を持った多くの学生に好まれていた。

他方、A. K. Erlang の母の家系を辿るのは易しい。彼の母は、良く知られた聖職者の家系に出自をもつ Magdalene Krarup (マイダリーネ・クガーゴップ) であった。彼の母方の祖先の一人は著名な数学者 Thomas Fincke (ツォーマス・フィンケ) であり、この人は偉大な天文学者 Tycho Brahe (ティコ・ブラーエ) の同時代人である。Fincke の子孫は、数百年に渡りコペンハーゲン大学に講座を持っていた。更に、Krarup 家は有名な詩人にして宗教的リーダーの N. F. S. Grundtvig (グロントヴィ) と姻戚関係にあり、この人は、後に Magdalene Krarup の祖母の最初の従兄弟になった。Krarup 家では、すべての息子は牧師になり、すべての娘は牧師の妻になることが伝統であった。従って、若い Magdalene が単なる村の校長と結婚することを選んだのは、些か普通ではなかった。しかし、同家は H. N. Erlang を知るや否や、すぐに彼を好きになり、大変尊敬するようになった。

Agner は2歳年上の兄 Frederick (フレデリック)、2人の妹 Marie (マギー) と Ingeborg (インゲボア) と一緒に家で育てられたが、あまり裕福ではなかった。校長の給料は非常に少なかったが、父は賢く知性のある男であり、儉約に異常な才能を持っていた。そして彼の妻は勤勉を厭わなかった。従って、一家は少ない収入にも拘らず幸福に暮らし、子供たちも幸せで適切な養育を受けた。父の方針の1つは、子供たちには必要な食べ物をすべて与えるべきであるが、それは質素なものでなければならず、乳製品が望ましいというものであった。彼はまた、ミルクは病原菌を殺すために注意深く完全に煮沸しなければならないと決めていた。このやり方は、ビタミンを保存するという現在の方法に合っていないが、当時蔓延していた牛の肺病を考えると、その時としては疑いもなく非常に賢明な注意であった。

Agner はすぐに、理解の速い子供であることを示した。彼はまた良い記憶力を持っていた。彼は、他の子供たちと遊ぶよりも読書を好む、もの静かで穏やかな少年だった。夕方には、彼と兄はよく2人の間に1冊の本を置いて、2人で読んだ。いつものやり方は、兄の Frederick が普通の方向から読み、Agner はテーブルの反対側に坐って、本を逆さまに読むというものだった。2人はこの方法でうまくやり、彼はすぐに、Frederick と同様に、この新しい方法で本がよく読めるようになった。この時代に Agner が好んだ主題は天文学であった。老いた教区牧師の祖父 Krarup が同じ趣味を持っており、亡くなったときに、天文学に関する数冊の本を残してくれたことは、大きな僥倖であった。しかし、Agner は科学の勉強だけに興味を持っていたのではなかった。詩を作る芸術も彼の興味を惹き起こし、彼は

天文学を主題にした非常に多くの詩を書いた。しかしながら、彼の詩は、詩的な飛躍と厳密な論理をあまり区別するものではなかった。例えば、彼は海王星の発見について1つの詩を書いたが、その最初の数行を英語に訳すと、次のようなものであった:

Leverrier (リフギア)は Galle (ガレ)に手紙を書いた。「空を見よ。そこにはまもなく、多分君が見ることになる惑星が現れるだろう」と。

Agner は、初期の学校時代を兄や妹と一緒に父親の学舎で過ごした。村の学校で初等教育を終えたあと、彼は「予備試験」(ある種の下級学校資格試験)に備えて個人教授を受けるために、家に留まった。個人教授は、あるときは父親から、またあるときは(むしろ、主として)校長を補佐するためにちょうど任命されたばかりの教員助手の P. J. Pedersen (ピーダスン)から受けた。P. J. Pedersen は、教員養成大学を卒業しており、優れた教師であった。彼の教えが Agner Erlang の発達と経歴に重要な役割を果たすことになった。数年後、彼はコペンハーゲン市長になった。1892年の夏に、十分な量の知識が賦与されたと想定してもほぼ大丈夫となったので、Agner と兄の Frederick はコペンハーゲンに送られ、コペンハーゲン大学で行われる「予備試験」に備えて個人的に教授を受ける受験者になった。そのとき、Agner は僅か14歳であり、それは規定の年齢に達していなかった。それ故、特別の入学許可を申請する必要があった。しかし、許可が与えられて、Agner は抜群の成績で試験に合格した。

その後、Agner は Lønborg に帰り、2年の間、彼の父親の学校で教員助手になった。同時に、彼は Tarm 中学校の教師からフランス語を学び、隣の教区の牧師からラテン語を学んだ。Agner が16歳になったとき、彼の父親は、Agner は勉強を続け、もし可能なら「学生試験」(大学入学試験)を受けるべきだと考えた。しかし、Agner の父親は蓄えが乏しかったので、大学での勉学にいくらの経費がかかるのかを見つけなければならなかった。そこで、彼は Hillerod (ヒレレズ)郡 (Sjælland(シェラン)島北部の農産物市場がある町で、Frederiksborg (フレデリクスボー)の古い王城がある)の書記であった M. Funch (フンク)(その妻は Krarup 家の生まれであった)に、このたび彼の息子が学生試験に合格したので情報と助言が欲しいという手紙を書いた。郡書記の返事は、彼はずっと Krarup 家に恩義を感じていたので、Erlang 氏には、フレデリクスボー古典文法学校での試験の準備をする間、若い Agner を彼の家に寄宿させることを許可していただけないか、それによって多少なりともこの恩義のお返しをしたい、というものであった。この寛大な申し出は Agner Erlang の教育に関係する金銭上の困難を克服するのに役立ち、彼は、1896年に学生試験に優等の成績で合格するまで、Hillerod の郡書記の家で幸せに暮らした。

フレデリクスボー文法学校は、Regensen (ガインセン)(1623年にクリスチャン4世により設立されたコペンハーゲンにある古い寄宿舎で、援助に値する大学生に無料で寄宿を提供していた。)で受給できる2つの奨学金の特典を有しており、Erlang はその1つを獲得した。こうして彼は、コペンハーゲン大学で数学と厳密な自然科学を勉強する間、その寄宿舎で暮らした。彼の数学教育は、H. G. Zeuthen 教授と C. Juel (ユエル)教授の講義に大きな影響を受け、すべての生活時間を幾何学の問題に対する興味の維持と涵養に使った。彼は、数学を主専攻とし、天文学、物理学、及び化学を副専攻とする理学修士の学位を取得して、1901年1月に大学を卒業した。

Erlang は、数年の間、コペンハーゲンの Gammelholmes (ガルメホルムス)ラテン語中学校、Femmers Kvinde (フェメアス・クヴィネ)教員養成学校、Lang (ラング)氏と Hjorts (ヨアツ)氏が設立したコース、南ユトランド地方の Vamdrup (ヴァンドゴップ)中学校など、いろいろな学校で教えた。彼の天性の好みは教育よりは科学研究に向いていたが、彼は優れた教育者の資質を持っていることを証明した。

この時期、Erlang は、余暇の時間をコペンハーゲンにあったキリスト教学生会会の学生寮で、若い大学人の仲間と過ごした。キリスト教学生の運動に同情して、一時は学生寮の管理職の一員も務めた。彼は、穏やかであったが、特に社交的というのではなく、興味のある傍観者として歩き回ることを好んだ。彼の友人達は、このことから彼に The Private Person (私的な人)というあだ名をつけることを思い付いた。彼が学生寮で作った知り合いの中に、後にコペンハーゲン大学で統計学教授に任命された H. C. Nybølle (ニューブレ)がいた。Erlang と Nybølle は、生涯を通しての友人となり、その科学業績でお互いを助けた。後に、Nybølle の妹は、A. K. Erlang の兄の F. K. Erlang と結婚した。

Erlang は、教師としての仕事の傍らで、数学と自然科学の研究を熱心に続けた。こうして彼はコペンハーゲン大学の1902-1903年度の数学懸賞論文を試みる時間を見つけた。それは、ホイヘンスによる無限小問題の解に関するもので、彼の論文に対して1904年に accessit (努力賞)が授与された。彼は、そのとき既に、後に彼の主要な業績の主題となった確率の理論の研究に着手していた。

この頃、そして後年も、Erlang は数回の夏の休暇を、しばしば兄とともに、そして二三度は Aarhus (オーフース) 教会学校の校長になっていた大学の同僚の L. Christensen (クリスチャンセン) と一緒に、外国で過ごした。彼は、スウェーデン、イギリス、ドイツ、そしてフランスへは数回行った。彼は、これらの旅行で、美術館や図書館を訪問するなど、多面的な興味を涵養し、非常に興味深い楽しい旅行仲間であったと言われている。

Erlang は数学者協会の会員であり、定期的にその会合を助けた。そこで彼は、当時コペンハーゲン電話会社の主任技師兼技術部長であった有名な数学者の J. L. W. V. Jensen (イエンセン) 博士と知り合いになった。この知遇の結果として、Erlang は当時同社の専務であった Fr. Johannsen (ヨハンセン) 博士に紹介されたのである。

確率の理論を電話に持ち込んだことの功績は Johannsen 博士に帰すべきものである。彼は、1907 年の「電話呼の待ち時間と個数」、及び 1908 年の「回線使用」と題する 2 編の論文を発表していた。前者は、手動の電話交換盤に入ってくる呼に関する遅延の問題を扱ったものであり、後者は、1 本あるいは複数の回線を持つ電話加入者がどれくらい頻繁に「使用中です」と言われるかについての研究である。両論文では、それらの問題が確率の理論により扱われている。その方法が数学的に厳密ではなかったことは事実であるが、得られた結果は多くの実用的な目的に役立つには十分に正しいものであった。

Johannsen 博士は、適格な助手を選考するのに素晴らしい才能を持った人であったが、Erlang にこれらの問題を数学的に取り扱うことを示唆した。Johannsen 博士は、しばらくの間、科学研究のための物理工学研究所を設立する構想を温めていたのである。コペンハーゲン電話会社が発展し重要性を増すためには、そのようなステップを取ることが正しいと思っていた。それで、1908 年に、同社は Erlang を科学協力者兼研究所長として雇用した。この地位は、彼にその偉大な天分と大量の知識を発展させ、それを活用する機会を与えることになり、彼は残りの生涯をそこで働いた。

Erlang は、情熱と勤勉を持ってすぐに確率の理論を電話トラヒックの問題に応用する仕事に取り掛かった。それが彼の名前を世に知らしめることになった領域である。1909 年という早い時期に、彼はこの主題に関する最初の研究である「確率の理論と電話の通話」を発表し、その中で、無秩序に分布している電話の呼は Poisson の分布法則に従っていることを証明し、Johannsen 博士が 1907 年の論文において、電話交換手が 1 人だけ呼を扱うことに従事しているという特別な場合に述べている遅延の問題に対して、厳密な解を与えた。

Erlang はまた、コペンハーゲン電話会社の主任技師として J. L. W. V. Jensen 博士の後継者と見なされていた P. V. Christensen に協力した。彼は 1913 年に「自動電話交換機における選択線の数」と題する論文を発表し、その中で、初めて、これらの問題を確率の理論により扱った。Erlang は、呼損率の数表を準備することで、この論文に貢献した。

Erlang は 1917 年に「自動電話交換機におけるいくつかの重要な確率論の問題の解」と題する彼の最も重要な業績を発表した。その中には、彼が統計的平衡の原理に基づいて作り上げた呼損と待ち時間に対する公式が含まれている。今ではよく知られているこれらの公式は、電話トラヒックの理論にとって基本的重要性を持つものである。

Erlang は数年に渡り、電話トラヒック理論に関していくつか他にも価値ある研究を発表し、数学の他の領域、特に対数表や他の数表の計算に関係するいくつかの小さい仕事も発表した。ここにこれらすべてを列挙することはしないが、Erlang の業績が本書の 101-130 ページに概説されている。

彼の殆どすべての研究は、まずデンマーク語で種々の雑誌に記事の形で発表されたが、それらの中の最も重要なものは、後に英語、フランス語、ドイツ語のような外国語に翻訳され、外国の雑誌に印刷された。Erlang は簡潔な講演に断固とした潔癖さを有し、論文もまた非常に簡潔な文体で書いた。実際、彼の簡潔さはあまりにも徹底しており、多くの結果を証明なしに発表することさえあった。簡潔な文体と証明の省略は、関連領域の専門家ではない読者にとって、彼の原論文を勉強するとき些かの困難をもたらした。

しかしながら、電話トラヒックの理論に関する Erlang の業績は、スカンジナビア諸国のみならず他の国々においても、間もなく認知と理解を獲得した。例えば、彼の呼損率の公式は、発表後二三年にして、回線設備に関する計算の基礎として、英国郵便公社により採択された。彼の研究に対して注がれた関心の例として、この主題の 2 人の研究者が Erlang の論文を原語で読むことができるようになるためにデンマーク語を学んだことが挙げられる。その 2 人とは、Erlang のいくつかの業績をフランス語に翻訳したフランス人の A. E. Vaulot 博士と、アメリカ合衆国のベル電話研究所の Thornton C. Fry 博

士である。

コペンハーゲン電話会社の研究所のリーダーとして、Erlang は数多くの多様な物理工学的問題に取り組む機会があった。彼が最初に取り組んだものの1つは、迷走電流の計測であった。迷走電流の分布とそれが電話ケーブルの鉛鞘に与える損傷の影響については、Absalon Larsen 教授と S. A. Faber が以前に研究して基礎を築いていた。しかし、実用的な手順に体系化したのは Erlang に負うところが大きい。始めの頃、Erlang は彼を助ける研究所員を持たなかったので、迷走電流のすべての測定を自分で行わなければならなかった。それで、マンホールに降りるために使う梯子を担いだ工員を従えた彼の姿がコペンハーゲンの通りでよく見かけられたものである。

Erlang は、電話の物理工学的側面に関係する種々の問題を取り扱ったいくつかの研究を発表しているが、それらは電話の出現当時にあってはかなり重要なものであった。例えば、交流電流を測定する目的で、彼は「Erlang の複合補正器」と呼ばれる1つの測定機器を製作したが、これはそれよりも以前の同型の測定機器に比べて、かなり改良されたものであった。しかしながら、彼はこの種の成果をあまり多く発表しなかった。というのは、彼の研究所での殆どの仕事は、負荷ケーブルや伝送方式等に関する具体的な問題の解決から成るものであったからである。彼が関わったこれらの実用的成果の大部分は、疑いもなく多くの人にとって関心のあるものであったが、Erlang はそのような仕事を発表する準備に費やすのに必要な時間の余裕はないと考えたのであった。

電話会社の技術者たちは、物理的または数学的性質の問題に助けが要るときは、いつでも Erlang に頼ることができた。Erlang は公共図書館を頻繁に訪れるので、どのような話題についても文献を調達するという驚くべきコツを心得ていた。Erlang は、彼に投げかけられた質問に答えるときに、独特の、ソクラテスのような方法を持っていた。概して、彼は尋ねられた質問に直ぐに解を与えるのをためらい、その主題を考えられるすべての観点から解明するような、時には長くなる議論に入ることを好んだ。このようにして、彼は質問者に質問事項を自分で考え、独立に問題を解く道を見つけるように持っていくた。Erlang とのそのような議論によって、人はいつも元の主題の範囲をはるかに超えて豊富な知識が得られたと感じるのであった。

Erlang は生涯を通して独身であった。しかしながら、若くて可愛いひとりの少女に非常に興味を抱いた一時期があった。しかし、彼女は Erlang の大学同期生と結婚し、そのため、Erlang は長い間失望の中で暮らした。彼は子供たちが好きであり、子供たちも彼が好きであった。彼は子供たちとおしゃべりを楽しみ、ときどきチェスを指すことを教えさせた。

Erlang は彼の全精力を科学の研究と電話会社の研究所における仕事に捧げた。彼は、自宅の書斎で夜遅くまで働くのであった。そして、最後にベッドに就くときには、その中から選べるように四五冊の本を抱えて行った。それから、彼は1冊の本を開いて読み始め、いつも二三分後に本と電灯のことを忘れて眠りに入るのであった。彼の妹は、電灯が無為に点いているのを見つけると、つま先歩きで彼の部屋に忍び込み、電気を消すことがあった。そのような場合には、彼は直ちに目覚め、厳しく怒ったように取り繕った声で「私は仕事をしているのだよ！」と叫んだ。そうすると、妹は、勿論、慌てて部屋を退去した。

Erlang は、主として数学、物理学、そして天文学から成る蔵書—当時の個人としてはかなり大量の蔵書—を集めていた。これらの主題に関する彼の知識は偉大で広範囲に亘り、彼は更に、哲学、歴史、詩学のような非常に多くの他の主題についても興味を持っていた。彼はパスカルとその作品を特に好んだ。

数学者協会の会員として、その会合に定期的に出席する他に、Erlang は英国電気技術者学会の同人でもあった。

Erlang は、注目に値する独特の性格の持ち主であった。彼は真面目な思いやりのあるキリスト教徒であったが、同時にユーモアと諧謔的機知に溢れていた。外見上は、彼の重厚な赤毛の顎髯と洋服の着こなしが、彼の特徴的な風采にある種の芸術家的筆致を与えた。極度に謙虚で遠慮がちな物腰で、彼は社交的な集まりやお祭り騒ぎよりも平穏な研究の雰囲気を楽しんだ。彼はアルコール飲料を口にすることはなく、タバコも吸わなかった。彼の生活様式は、親密な友人であった Nybolle 教授が Erlang への追悼の辞で述べた言葉に非常に適切に表されている。筆者はそれをこの伝記の冒頭に引用しておいた。しかしながら、特に晩年において Erlang に多く注がれた多大な認知と賞賛は、極めて自然に彼を幸福にするものであった。

Erlang は慈善家であった。儉約して暮らしていたので、他人に援助する余裕があり、しかも大量に

援助した。彼の末の妹 Ingeborg Erlang 女史は、彼の死の直前まで多年に亘り同室に住んでいたが、私財を投じて精神薄弱の女性のための収容施設を設立していた。Erlang は、何年にも渡り、彼の収入のかなりの部分をこの施設に寄附した。困窮した人々が、Erlang に援助を求めてよく研究所に現れた。すると、Erlang はいつも変わらず、できるだけ目立たないように手元の金銭を与えた。

殆ど 20 年の間、Erlang は、ただ 1 日も病気のために休むことなく、コペンハーゲン電話会社に勤務した。しかしながら、1929 年の 1 月に、彼は病に倒れ、手術を要する腹部の病気に罹っていることが分かった。入院に先立って、彼は、ほんの短期間だけ入院する積もりであると言って、電話会社の全ての同僚に別れを告げた。しかし、数日後、彼の訃報が電話会社に届いたとき、彼の友人たちは、彼は死期が近づいていることを知っていたに違いないと思った。彼の宗教的信念と哲学的思考方法は、彼が死を迎えたときの静謐さを彼に与えた。

Agner Krarup Erlang は、1929 年 2 月 3 日の日曜日に、僅か 51 歳で永眠した。

### 訳者後書き

2009 年は、待ち行列理論・通信トラヒック理論の基礎公式である Erlang の B 公式、Erlang の C 公式や通信呼量の単位 “erlang” に名前を残している Agner Krarup Erlang (1878.1.1-1929.2.3) が、電話呼の輻輳を確率論的に研究した最初の論文 “The Theory of Probabilities and Telephone Conversations” を発表した 1909 年から数えてちょうど 100 年になる。これを記念して、デンマーク工科大学の Villy Bæk Iversen 教授らの企画により、同年 4 月 1~3 日に、コペンハーゲンにおいて、待ち行列百周年記念会議 (100 Years of Queueing - The Erlang Centennial) が開催された。この会議の論文集は、待ち行列理論の専門雑誌 *Queueing Systems* の特集号として公刊される予定である。

Erlang の人物像と研究業績については

E. Brockmeyer, H. L. Halstrøm, and Arne Jensen, *The Life and Works of A. K. Erlang, Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences, No.2, 1948, Copenhagen* が刊行されており、全文がウェブサイト <http://oldwww.com.dtu.dk/teletraffik/Erlang.html> からダウンロードできる。この中の最初の記事が、E. Brockmeyer and H. L. Halstrøm による “The Life of A. K. Erlang” という Erlang の伝記である。これを読むと、コペンハーゲン電話会社の研究者であった Erlang について、少年時代から研究者になるまでの経歴と、彼は我々がよく知っている通信トラヒック理論の先駆的研究を行ったのみならず、他の研究者のよき相談相手であり、篤志家でもあったことが分る。

この伝記は平易な英語で書かれているので読解は難しくないが、日本語訳があれば、手軽に Erlang の人となりを知ることができると思われるので、昨年度の「待ち行列シンポジウム」論文集 (45-54 ページ) の森村英典先生による「待ち行列雑感」にある抄訳を参考にさせていただき、ここに全文の訳出を試みた。但し、原文に掲載されている 8 歳、15 歳、32 歳のときの写真の転載と、“erlang” が呼量の単位を表す国際標準として採択された経緯を記述した後半部分の翻訳は割愛した。

翻訳に際して、Iversen 教授は、デンマークの学校制度や試験の名称、キリスト教関係の言葉等について、訳者の質問に親切に回答を寄せられ、また、翻訳に際して著作権の問題等は発生しないだろうと言われた。また、筑波大学大学院人文社会科学研究科文芸・言語専攻の青木三郎教授に、デンマーク語の固有名詞のカナ転記を作ってもらった。青木教授によれば、標準デンマーク語 (rigsdansk) には、16 個の母音と 21 個の子音があるため、日本語のカナでは表記できない音が数多く存在するとのことで、無理をお願いした。例えば、Erlang のミドルネームに現れる Krarup は「クガーゴップ」とカナ転記されているが、「ガ」の音はその前の「ク」の音に包摂されるように発音される。最後に、訳文の初期原稿には、東京工業大学の加藤憲一先生からコメントをいただいた。これらの方々に感謝したい。

拙訳ではあるが、本シンポジウムの参加者、特に学生や若手研究者が、Erlang の研究者像・人間像を知る機会になり、勉強の励みとなれば望外の幸いである。

なお、コペンハーゲンの郵便通信博物館に、Erlang の手書きの計算原稿等が保管されているようである：[http://www.ptt-museum.dk/en/online\\_magazine/previous\\_articles/telephony/?id=37](http://www.ptt-museum.dk/en/online_magazine/previous_articles/telephony/?id=37)