福島竜輝氏の文部科学大臣表彰若手科学賞受賞に寄せて

名古屋大学大学院多元数理科学研究科

吉田　伸生

福島竜輝氏が，研究業績「ランダム媒質中の確率過程」により，平成 28 年度，科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学賞を受賞された，という知らせを頂きました.

福島氏は学部・大学院時代に京都大学で学ばれた後，同大学で GCOE 特定研究員， 日本学術振興会特別研究員として在籍されました．その後，チューリッヒ大学助手 (2009 年 10 月–12 月)，東京工業大学助教 (2010 年 1 月–2012 年 7 月)，京都大学数理解析研究所講師 (2012 年 8 月–2016 年 3 月) を経て，現在，同研究所准教授をされています（2016 年 4 月–). また， その間に日本数学会・建部賞特別賞，井上研究奨励賞 (共に 2009 年度) を受賞されました.

一方，文部科学大臣表彰の中でも若手科学賞は特に，萌芽的な研究，独創的視点に立った研究等，高度な研究開発能力を示す顕著な研究業績をあげた 40 歳未満の若手研究者を対象とする賞であり，受賞者には自然科学の広範な領域から優秀な研究者達が選ばれてきました. 福島氏にこのような栄えある賞が授与されたことは，私にとっても大きな喜びです. 心よりお祝いするとともに，同氏の最近の業績を，特に顕著なものを中心に簡単に紹介させて頂きます.

ランダムウォークやブラウン運動など，古典的な確率過程は，一様な空間（例えば平行移動不変）内を動く粒子を想定します．これに対しランダム媒質中の確率過程は，非一様な媒質内の粒子の運動を想定し，結晶中の電子の運動，あるいは変動する環境中での生物の個体数変動となどの現実的な問題には，より適合した設定です．更にこの研究分野はランダムポテンシャルをもつシュレーディンガー作用素のスペクトル（特に Lifshitz tail）をはじめ， 隣接分野にも広汎な応用を持ち，問題意識， 手法の両面で相互に影響を及ぼしあっています.

福島氏の業績中でも，ポアソンランダム媒質中のブラウン運動においてポテンシャル関数が重い末尾を伴う場合の一連の研究は特に顕著です．ポテンシャル関数を $|x|^{-\alpha} \wedge 1$ ($x \in \mathbb{R}^d$) とするとき，$\alpha > d+2$ が軽末尾，$d < \alpha < d+2$ が重末尾に対応します．ポテンシャル関数の末尾が軽い場合には，Donsker-Varadhan (1975) により求められた分配関数の指数的漸近挙動が非常に有名で，時間 t と空間次元 d に対し $ct^{\frac{d}{d+2}}$ という指数，および，その係数 $c > 0$ を定める変分原理が特徴的です．その後，A-S. Sznitman (1991)，T. Povel

(1999) により，ランダム媒質中のブラウン運動の尺度極限として，ある定数 R_0 を半径とする球（中心はランダム）内に留まるように条件づけられたブラウン運動が得られました．この際の尺度は Donsker-Varadhan の指数 $t^{\frac{d}{d+2}}$ と整合するように選び， 球の半径 R_0 も，Donsker-Varadhan が導いた変分原理に由来します．これに対し，ポテンシャル関数の末尾が重い場合の研究は長らくの間，原始的段階に停滞していました．分配関数の指数的漸近挙動に関しては，L. A. Pastur (1977) により漸近展開の第一項が $a_1 t^{d/\alpha}$ の形で求められていました．しかし，ランダム媒質中のブラウン運動の解析の手がかりにするという立場から重要なのはむしろ第二項でした．福島氏 (2011) はまず，分配関数の指数的漸近挙動に関し， 漸近展開の第二項 $a_2 t^{\frac{\alpha+d-2}{2\alpha}}$ を決定しました．この第二項に現れる指数が，ランダム媒質中のブラウン運動の尺度極限をとる際の尺度を示唆し，係数 a_2 を決める変分原理が，尺度極限として得られる拡散過程を示唆します．実際，係数 a_2 はある変分原理の下限として得られますが，その変分原理は，Ornstein-Uhlenbeck 過程に対応する Dirichlet 形式により記述されます．福島氏 (2013) はその後，この推論に基づき研究を進め，ランダム媒質中のブラウン運動の尺度極限として，Ornstein-Uhlenbeck 過程（中心はランダム）を導出しました．

ポアソンランダム媒質中のブラウン運動に関する統計量を解析する上では，ブラウン運動の「最適生存戦略」と呼ばれる物理的描像の理解が重要であり，それらは軽末尾の場合と重末尾の場合では大きく異なります．そして，これが，軽末尾の場合の手法が重末尾の場合に単純に平行移動できない理由でもあります．福島氏の優れた点は，これらの物理的描像としての差異を，変分法的視点と鋭い直感から正しく理解するだけでなく，そうした物理的描像から厳密な証明を積み上げるのに必要な解析学（変分法，ポテンシャル論，作用素半群，スペクトル理論）・確率論（確率解析，大偏差原理，タウバー型定理）の技法に熟達している点です．もちろん，福島氏のこうした資質， 研究技能は，それ以前の論文，あるいは，より最近の論文でも大いに発揮されていますが，上記論文において特に圧巻です．

福島氏はその後も，線型確率成長模型に関する，指数増大/死滅の二分律（筆者と共著），ランダム媒質中のランダムウォークに関する大偏差原理（久保田直樹と共著），アンダーソンハミルトニアンの固有値に対する中心極限定理（M.Biskup， W. König と共著），ランダム媒質中のディレクティドポリマーの零温度極限（F. Comets， 中島秀太，筆者と共著），random scenery 中のランダムウォークに関する末尾評価 (J-D. Deuschel と共著) など，国内外の研究者と活発に交流しながら，精力的に研究を続けています．これからも同氏のご活躍をお祈りし， かつ楽しみにしています．