

# 量子ホールエッジチャンネルにおける電荷ダイナミクス研究

## Charge dynamics in quantum Hall edge channels

ユーザー氏名：橋坂昌幸<sup>a,b</sup>, 村木康二<sup>b</sup>, 藤澤利正<sup>a</sup> / M. Hashisaka<sup>a,b</sup>, K. Muraki<sup>b</sup>, T. Fujisawa<sup>a</sup>  
(<sup>a</sup>東京工業大学, <sup>b</sup>NTT物性科学基礎研究所 / <sup>a</sup>Tokyo Inst. Tech., <sup>b</sup>NTT BRL)

実施機関担当者：河田眞太郎 / S. Kawata (東京工業大学 / Tokyo Inst. Tech.)

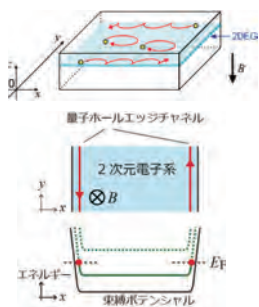
### 概要 / Overview

- 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体における電子ダイナミクスの研究。  
One-dimensional electron dynamics in a quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid.
- エッジチャンネルにおけるスピン電荷分離現象を時間分解測定で直接観察することに成功。  
Time-domain observation of spin-charge separation in quantum Hall edge channels.

### 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体：1次元電子系の不思議な性質

#### Quantum Hall Tomonaga-Luttinger liquid: intriguing characteristics of 1D electron systems.

#### 量子ホールエッジチャンネル：代表的な1次元電子系



- ・量子ホール効果 (1985, 1998年ノーベル物理学賞)<sup>1</sup>：  
2次元電子系 (2DEG) への垂直磁場印加によって発現。
- ・ホール伝導度が  $e^2/h$  を単位とする整数値、または特定の分数値に量子化する現象。

- ・量子ホールエッジチャンネル<sup>2</sup>：  
量子ホール系の試料端に生じる1次元1方向性の伝導チャンネル。
- ・試料端における電子のスキッピング運動に対応し、伝導方向は磁場の向きによって決まる。
- ・電子ダイナミクスは朝永-ラッティンジャー液体理論に従い、通常の電子系と異なる不思議な振る舞いを示す。

#### 電子の基本的性質：電荷とスピン



- ・電子は電荷とスピンという2つの性質を持つ。
- ・2次元、3次元の電子系 (フェルミ液体) と異なり、1次元電子系 (朝永-ラッティンジャー液体) では電荷とスピンの独立に運動する。

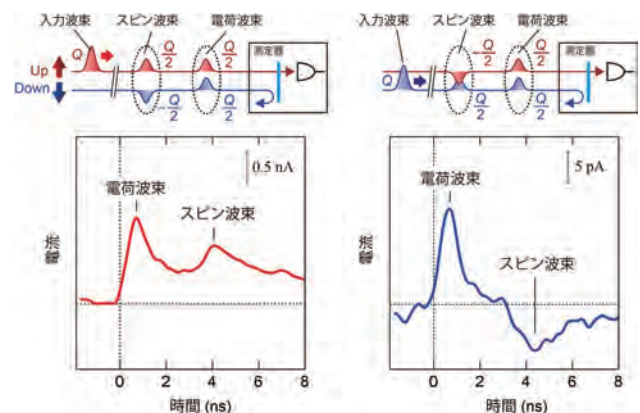
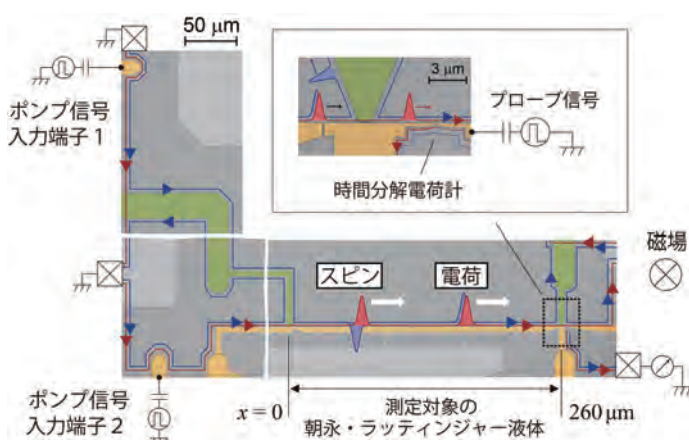
#### スピン電荷分離 (1次元電子系の象徴的現象)

[1] K. v. Klitzing, G. Dorda, M. Pepper, PRL **45**, 494 (1980); D. C. Tsui, H. L. Stormer, A. C. Gossard, PRL **48**, 1559 (1982); R. B. Laughlin, PRL **50**, 1395 (1983).  
[2] B. I. Halperin, PRB **25**, 2185 (1982); A. M. Chang, Rev. Mod. Phys. **75**, 1449 (2003) and references therein; 橋坂昌幸 他, 固体物理 **49**, No. 5, 359 (2014).

### スピン電荷分離 / Spin-charge separation

#### 量子ホール朝永-ラッティンジャー液体におけるスピン電荷分離の直接観測：空間的に分離された電荷・スピン波束の波形測定に成功<sup>3,4</sup>

エッジチャンネル上の電荷ダイナミクスを独自のポンプ・プローブ法によって測定し、世界で初めて、空間的に分離された電荷波束とスピン波束の観測に成功した。得られた波形から、エッジチャンネルの朝永-ラッティンジャー液体としての性質を決定することに成功した。



代表的な測定結果。朝永-ラッティンジャー液体にスピン偏極した電子集団を入力すると、電荷とスピンの異なる速度で伝搬し、空間的に分離される様子を観測できる。

微細加工PF (東工大) で作製した試料の写真に色付けしたもの。  
AlGaAs/GaAs半導体ヘテロ構造基板に、電子ビーム露光を用いてゲート電極を形成した。エッジチャンネル (赤矢印：アップスピン、青矢印：ダウンスピン) 上にポンプ・プローブ信号の入力端子、及びスピンフィルター (緑色ゲート) を設置し、チャンネル上の電子スピンを選択的に観測できるポンプ・プローブ測定法を実現した。

[3] M. Hashisaka et al., Nature Physics **13**, 559–562 (2017).

[4] 橋坂昌幸, 藤澤利正 日本物理学会誌2017年11月号805頁「最近の研究から」.  
(デバイス写真：表紙掲載)

本成果は日刊工業新聞、科学新聞等の国内業界紙、及びAmerican Laboratory誌等の海外の報道機関にて紹介された。