

食連星における質量移動の性質

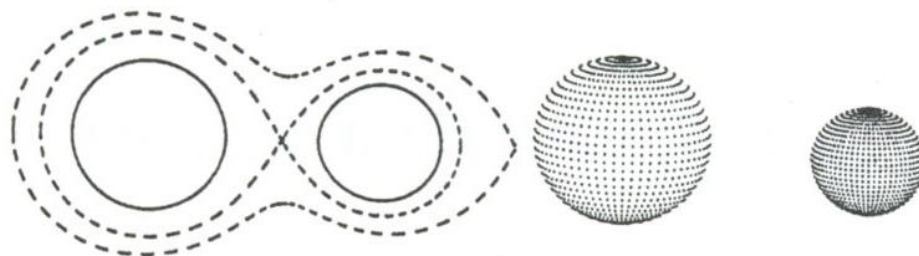
2017. 9. 15 (金) ~ 9. 17 (日)

連星系・変光星・低温度星研究会2017

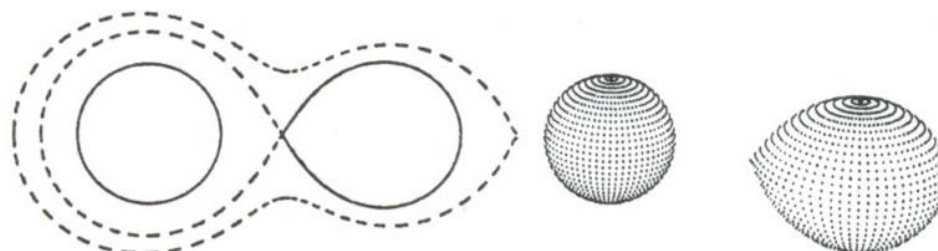
高妻 真次郎 (中京大)

Introduction : 連星系の分類

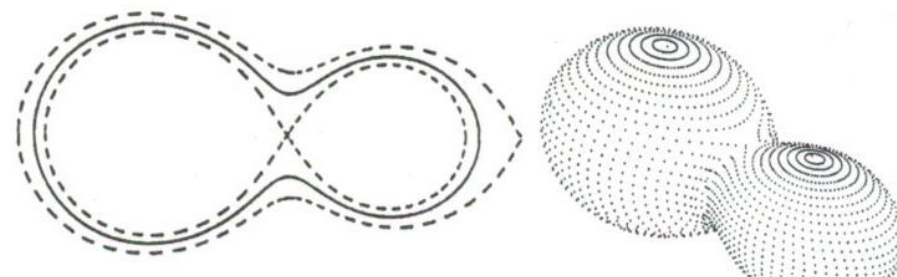
コパールの分類 (Kopal 1955)



分離型 (両星が^(a)ロッシュ面内)



半分離型 (片方が^(b)ロッシュ面内)



接触型 (両星が^(c)ロッシュ面超過)

中村ほか (2003)

Introduction : 連星系における質量移動

質量交換

$$\dot{m}_1 = \frac{m_1 m_2}{3(m_1 - m_2)} \frac{\dot{P}}{P}$$

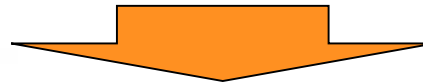
$m_1 > m_2$ のとき、 $\dot{P} < 0$

$m_1 < m_2$ のとき、 $\dot{P} > 0$

質量損失

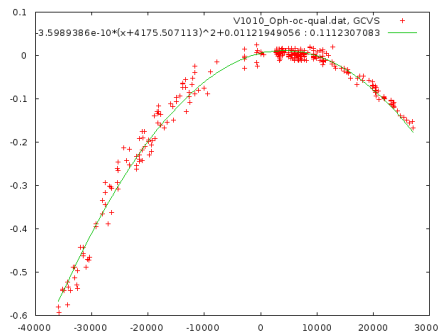
$$\dot{m}_1 = -\frac{m_1 + m_2}{2} \frac{\dot{P}}{P}$$

$\dot{P} > 0$



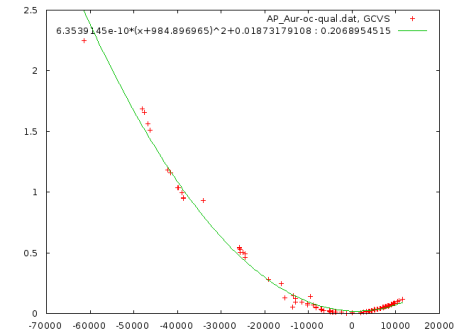
周期変動が生じる

$\dot{P} < 0$



O-C図で
放物線型になる

$\dot{P} > 0$

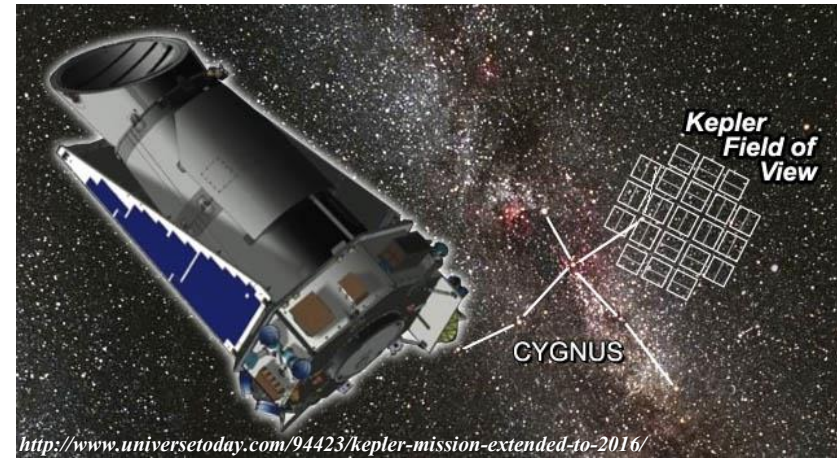


個々の天体で質量移動率を見積もっている先行研究は多いが、その統計的性質はよく分かっていない

Data : Kepler Eclipsing Binary Catalog

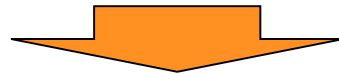
Kepler宇宙望遠鏡

- ・ 2009年3月～2013年8月に主に観測
(主観測ミッション)
- ・ 約16万天体の明るさを継続的に
観測
- ・ 太陽系外惑星の探査が主目的のひとつ



└─▶ 時間分解能も良く、わずかな明るさの変化を検出可能

▶ 食連星の観測にも最適



Kepler Eclipsing Binary Catalog (Prsa et al. 2011; Slawson et al. 2011など) として公開

▶ 今回は、**質量比の情報がある overcontact のデータを
利用**

Method : 質量移動が見られる天体の選出

✓ Kepler Eclipsing Binary Catalogのovercontactに対応する天体の光度曲線を取得

✓ $O-C$ 図を描画、放物線型のものを選出

↳ 公転周期が一定の割合で変化



定常的な質量移動が原因と仮定

✓ 2次関数で最小二乗フィッティング、公転周期の変化率を算出

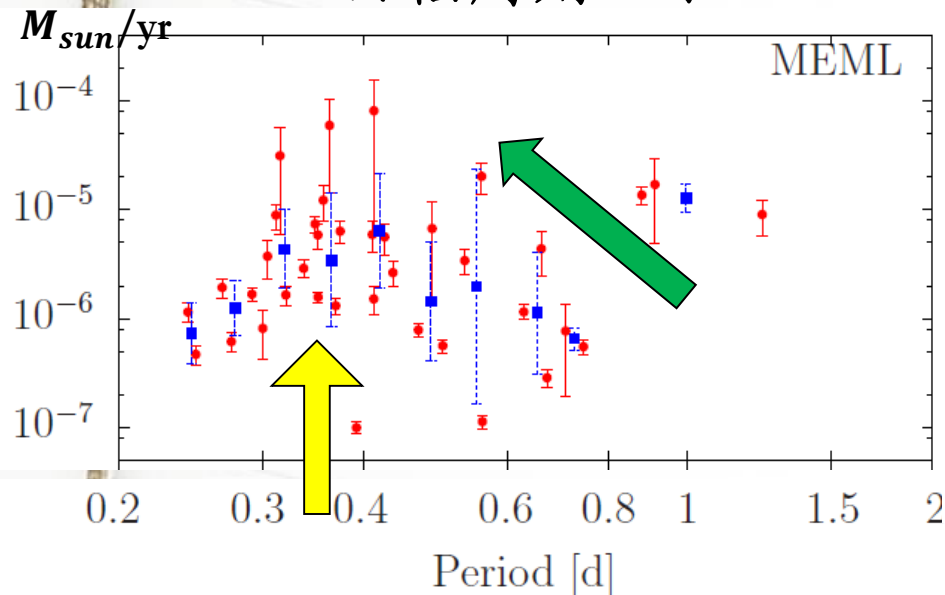
✓ カタログにある質量比と、質量-温度関係により主星の質量を算出（温度はcatalog of temperatures for Kepler eclipsing binary stars (Armstrong et al. 2014)）を利用

✓ 質量移動率を算出

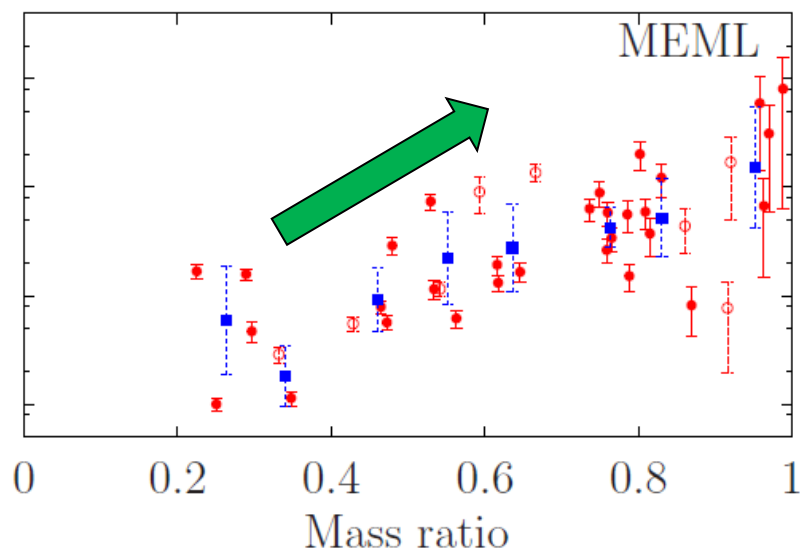
111の質量移動候補天体を選出

Result : 質量交換率 (大→小) との相関

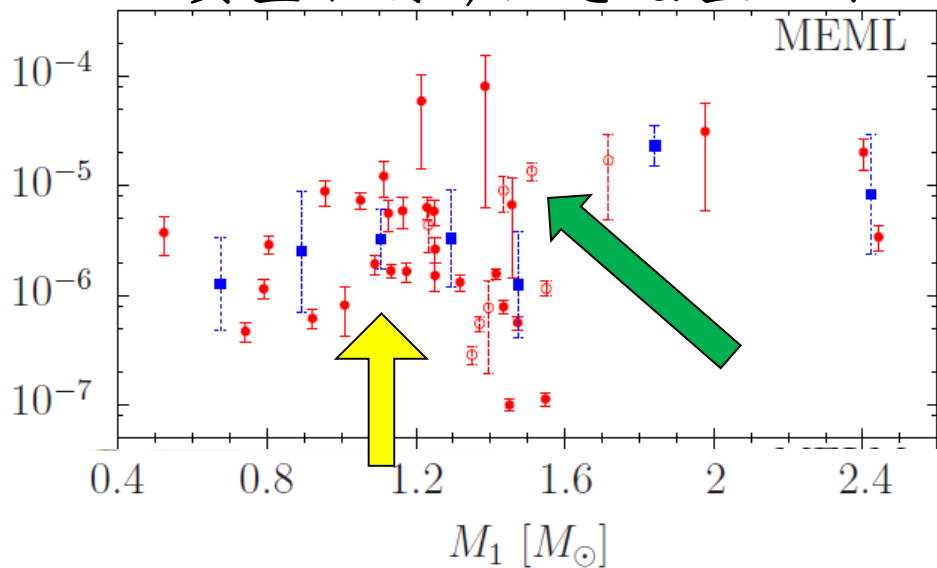
公転周期→小



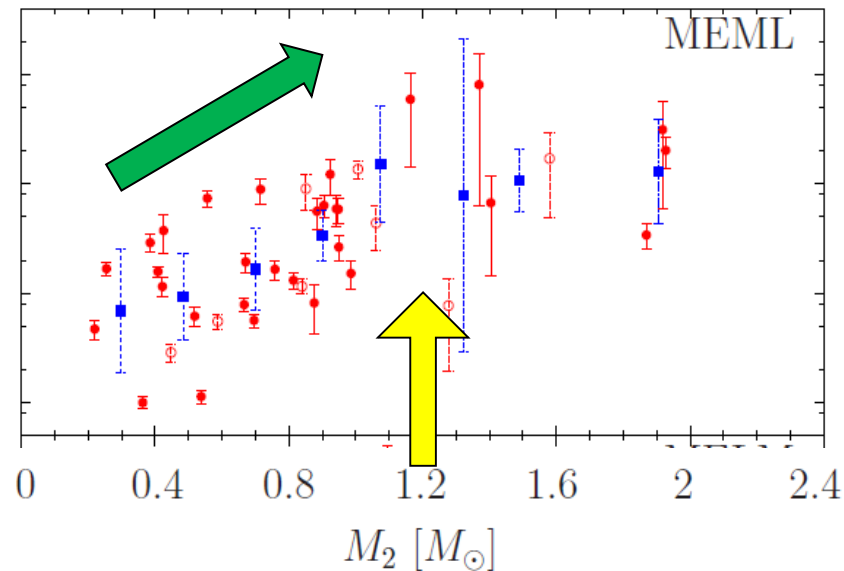
質量比 (M_2/M_1) →大



質量がより大きな星→小

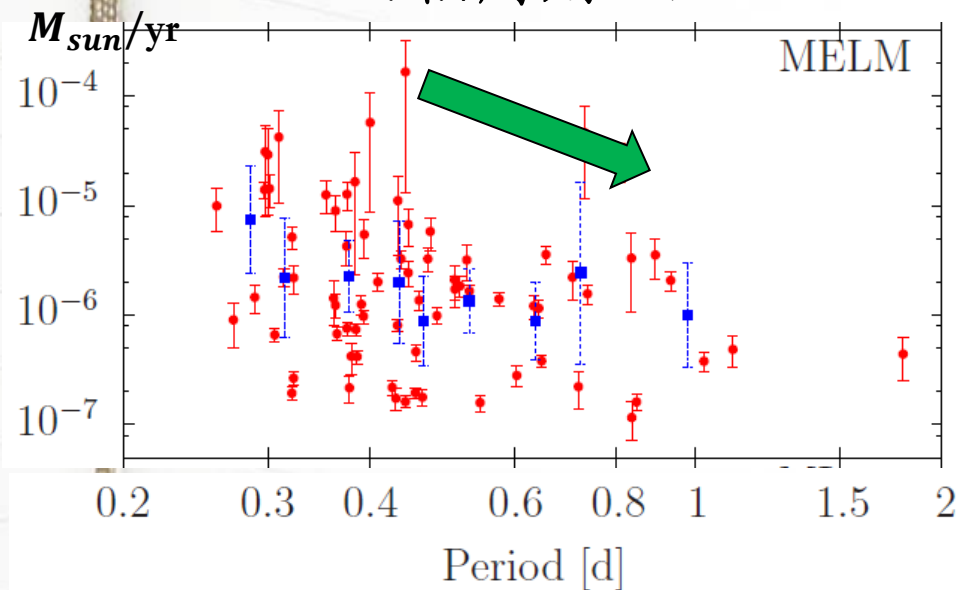


質量がより小さな星→大

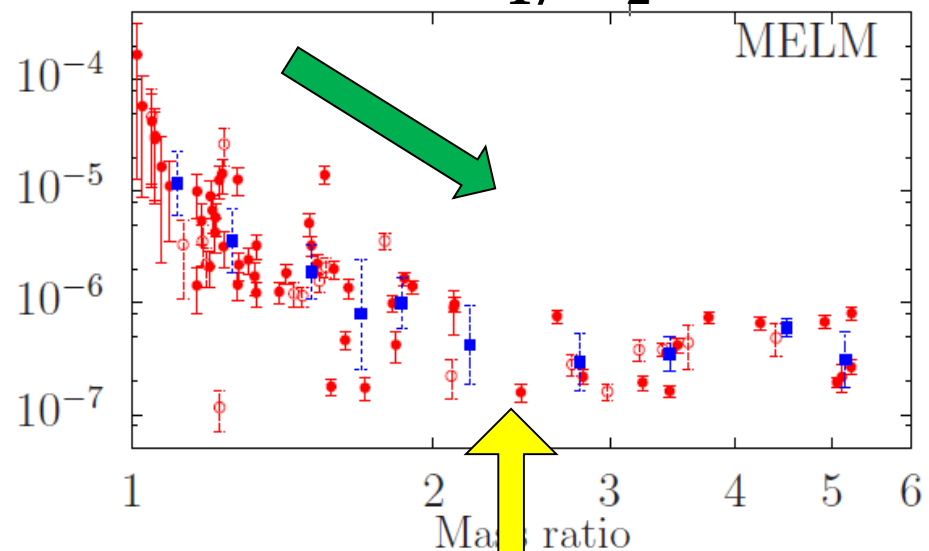


Result : 質量交換率 (小→大) との相関

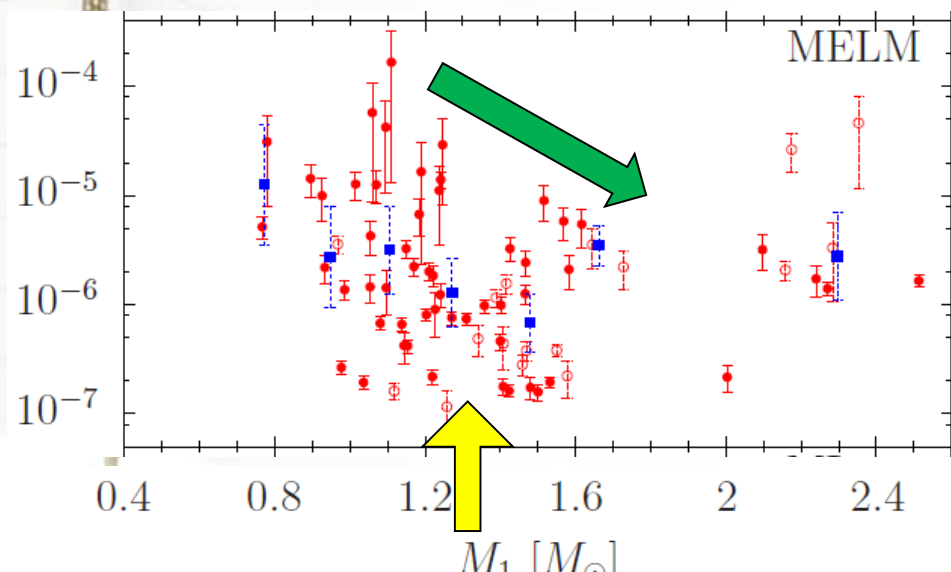
公転周期→大



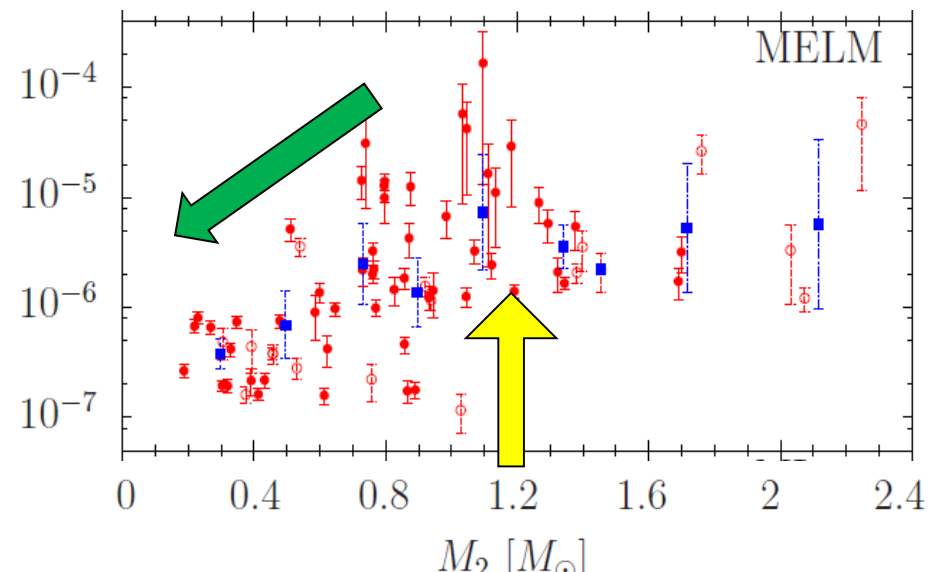
質量比 (M_1/M_2) →大



質量がより大きな星→大

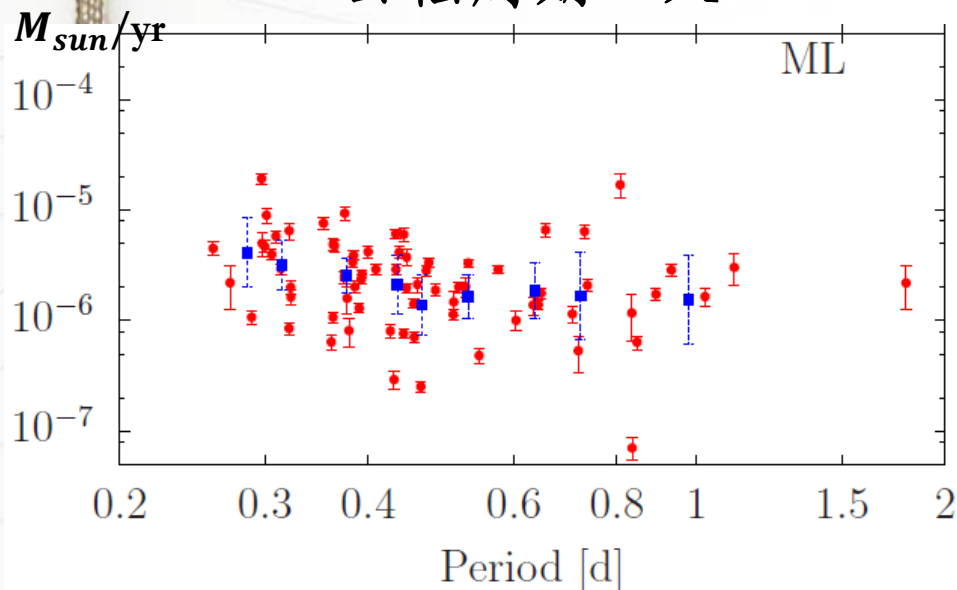


質量がより小さな星→小

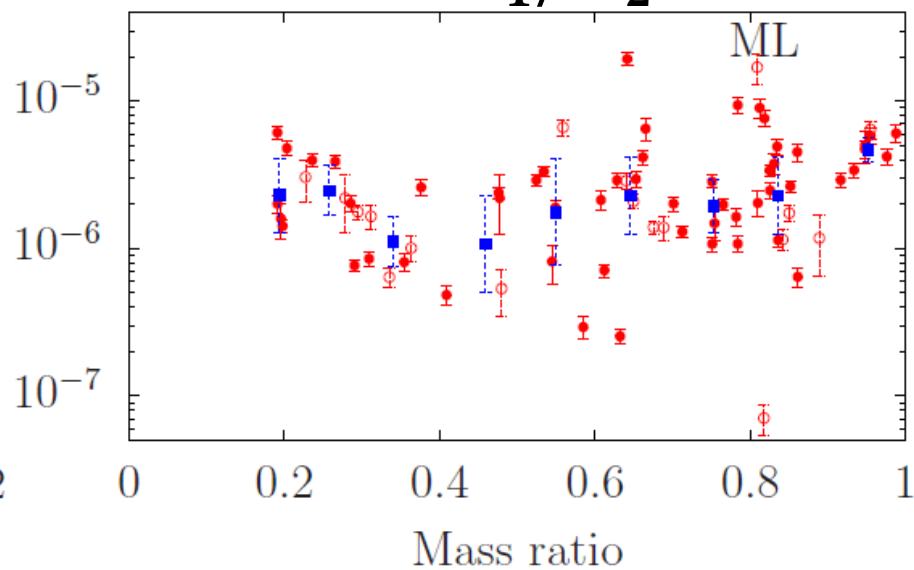


Result : 質量損失率との相関

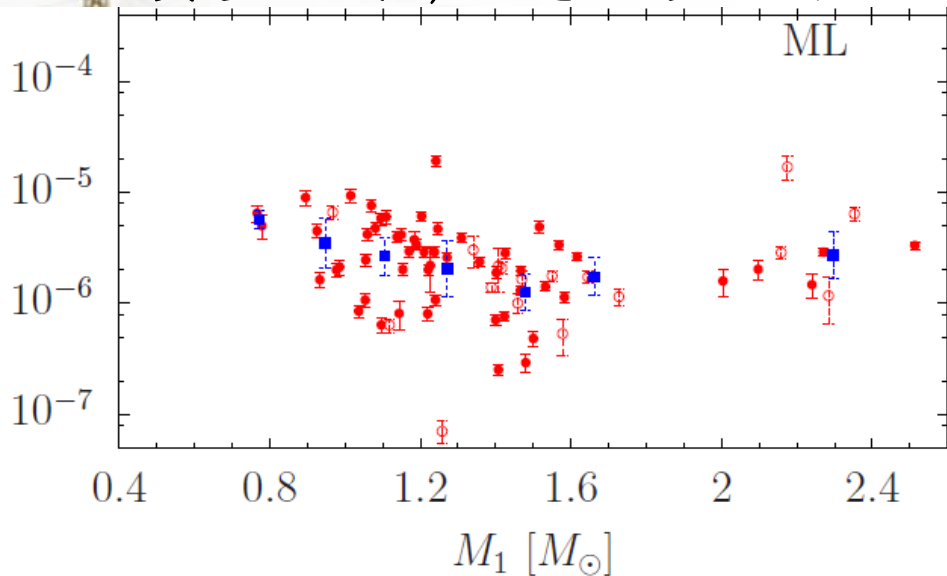
公転周期→大



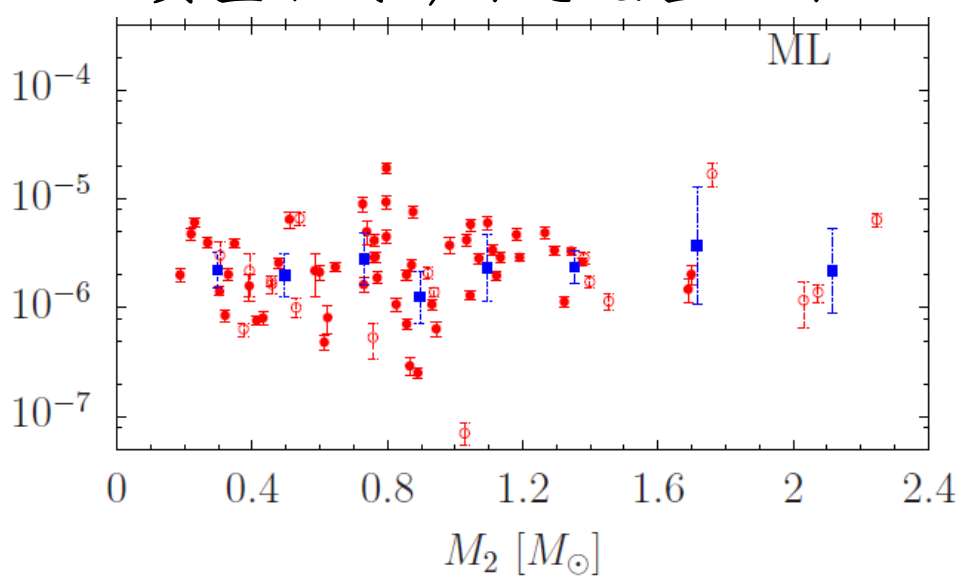
質量比 (M_1/M_2) → ?



質量がより大きな星→小?

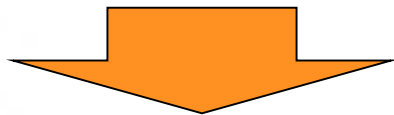


質量がより小さな星→小?



相関関係は正しいのか？

- ・ ケプラーのデータを使った際の問題点
 - － 連星系の（コパール分類の）**型の不定性**が大きい
 - ➡ 光度曲線の形状を元に決められているため
 - － **質量比の不定性**が大きい
 - ➡ ニューラルネットワークにより決められているため
 - － 観測期間が最高4年程度
 - ➡ より長期間での公転周期変動を検出できない

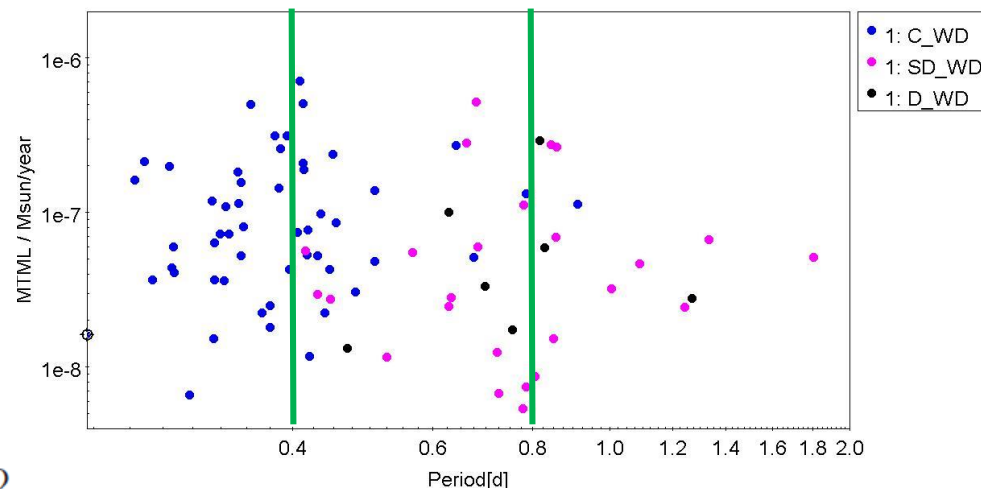
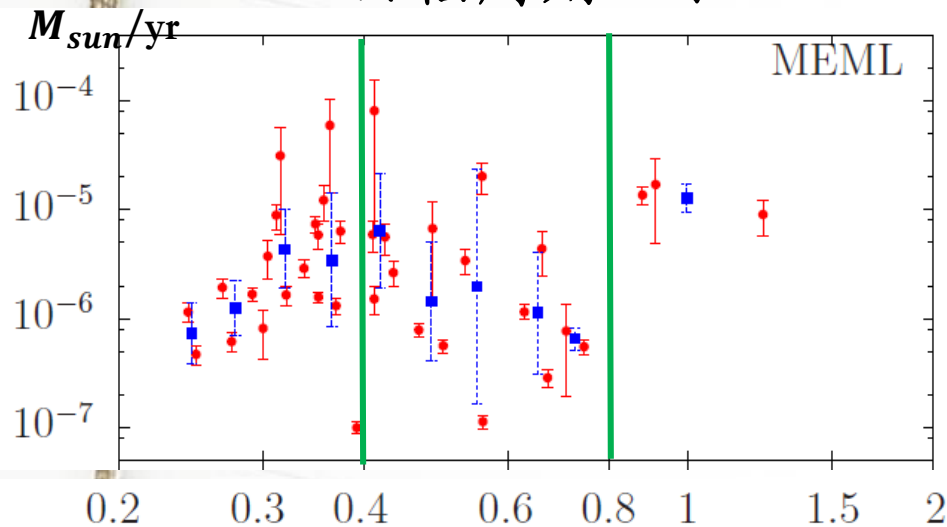


光度曲線の**モデリング**により**物理パラメータ**が決定されている**連星**を利用

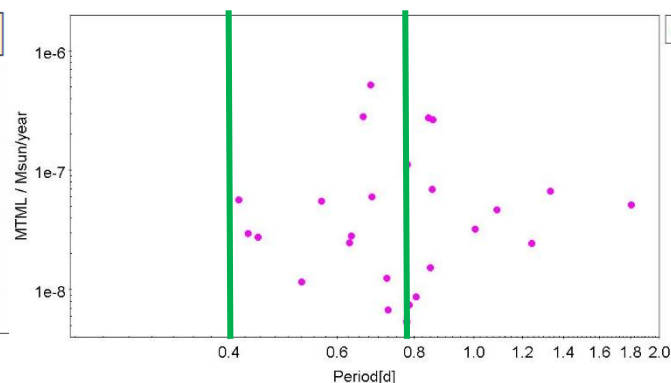
➡ 過去の文献を探り、データを収集

Result : 質量交換率 (大→小) との相関

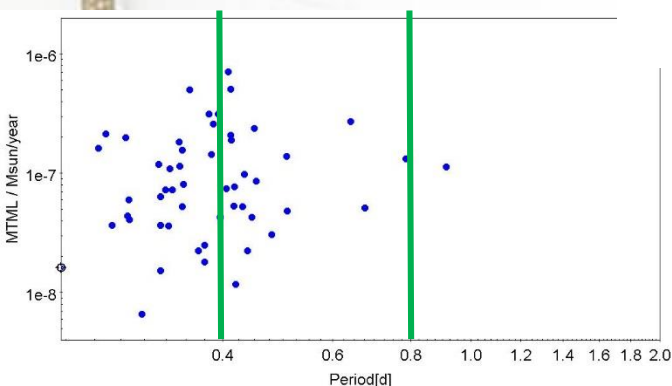
公転周期→小



Period [d]

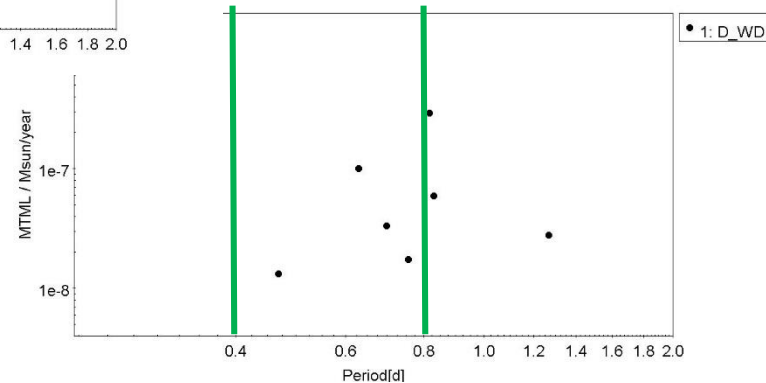


接触型



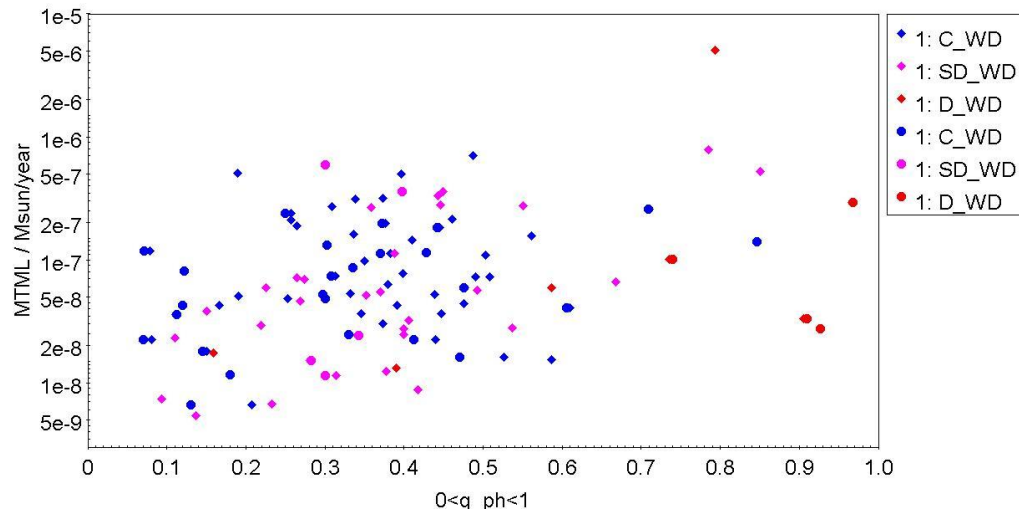
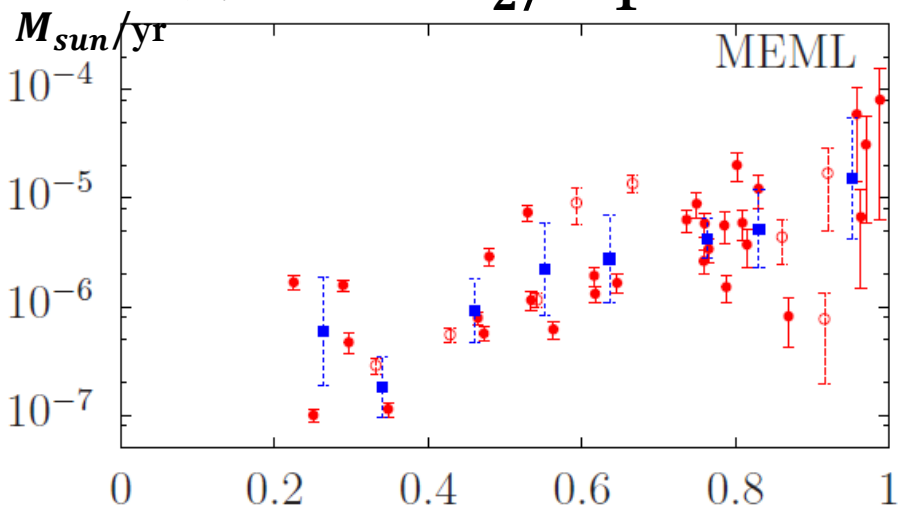
分離型

半分離型



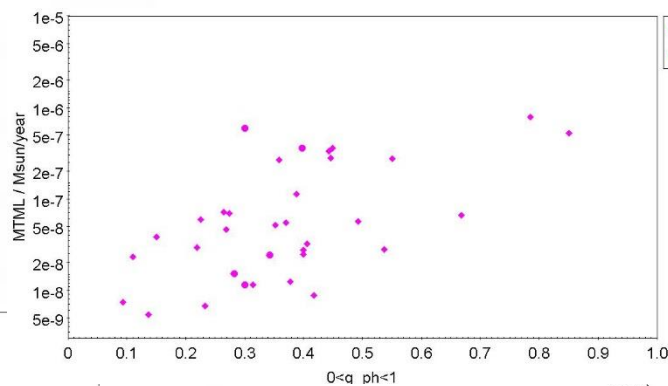
Result : 質量交換率 (大→小) との相関

質量比 (M_2/M_1) → 大

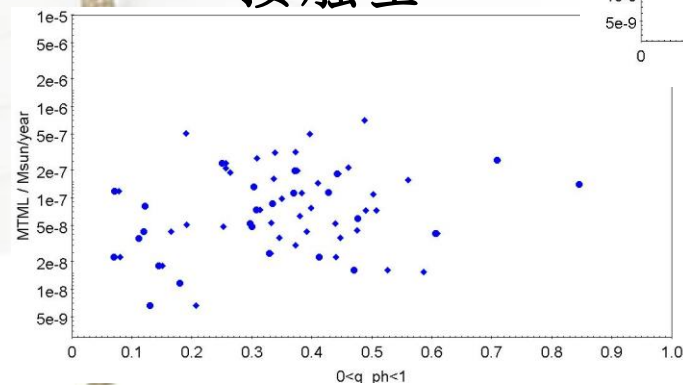


Mass ratio

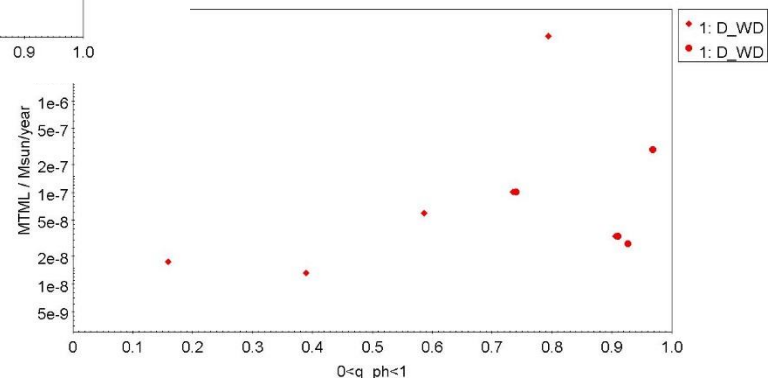
接触型



分離型

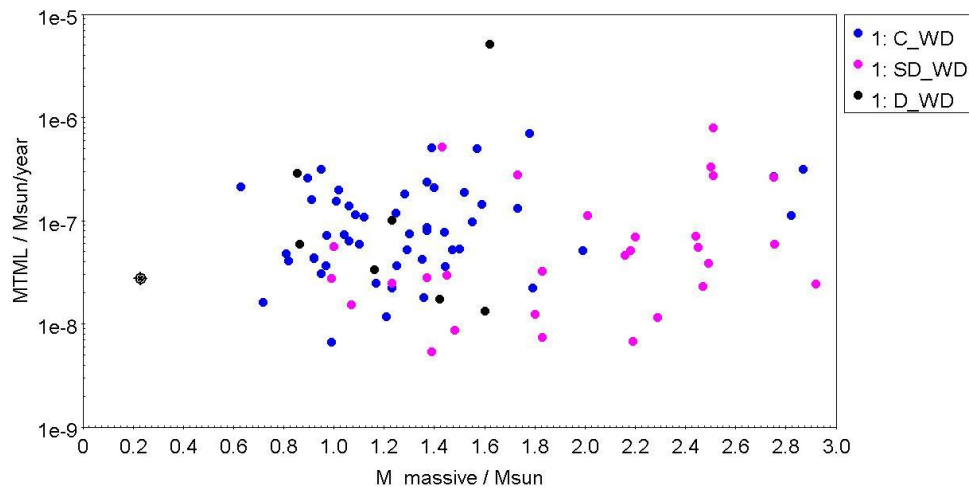
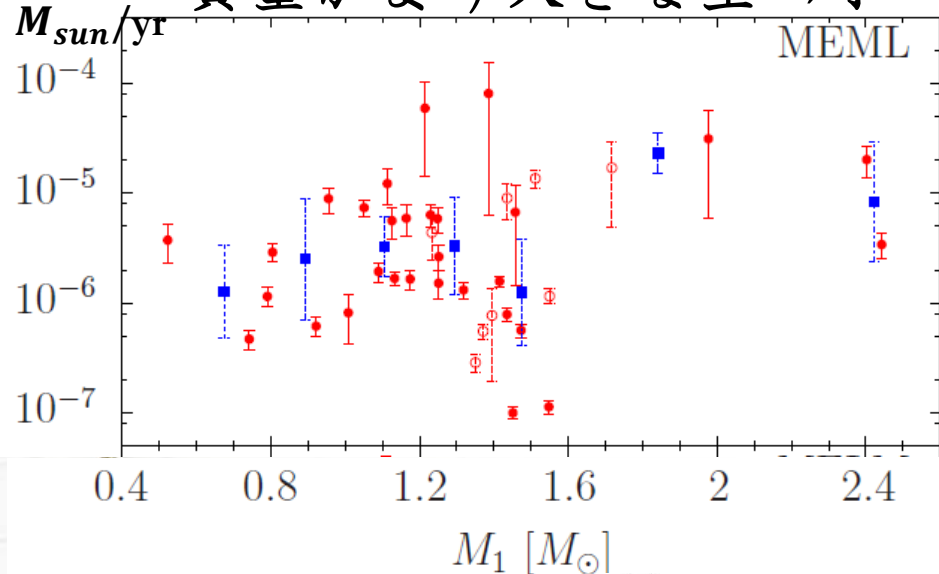


半分離型

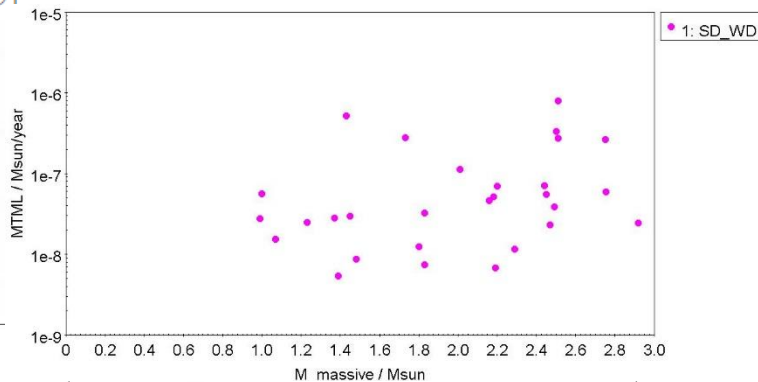
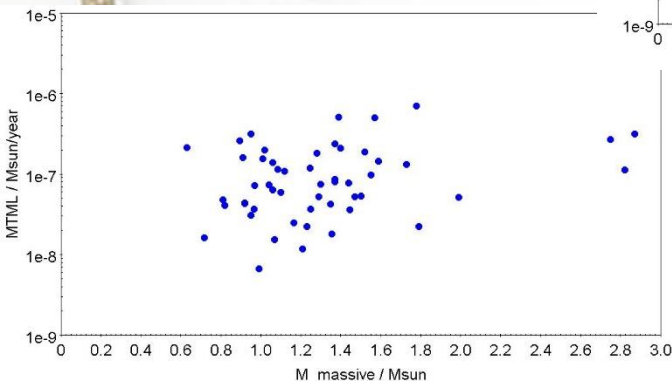


Result : 質量交換率 (大→小) との相関

質量がより大きな星→小

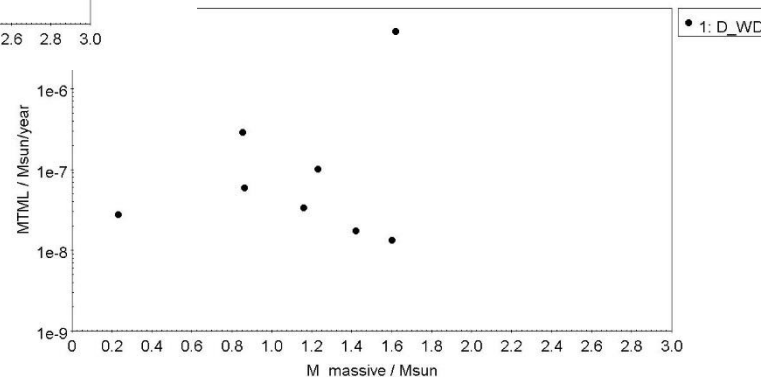


接触型



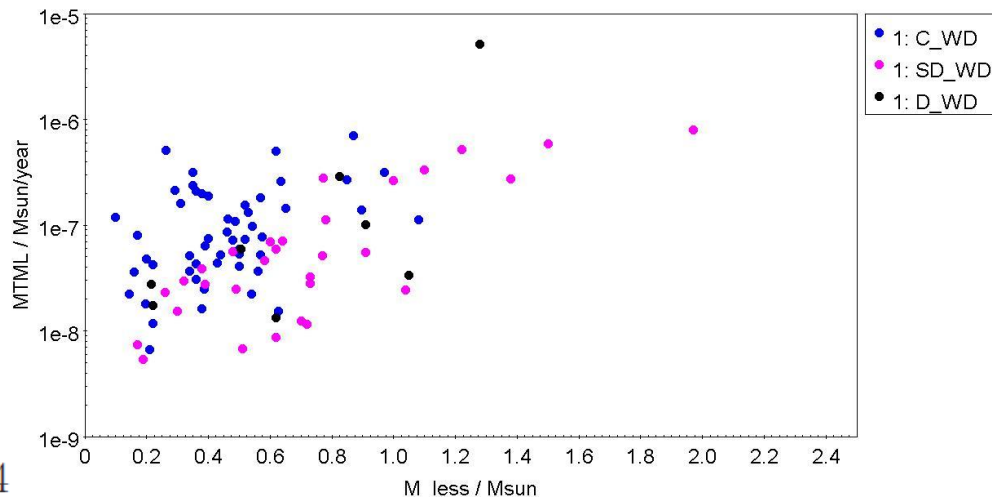
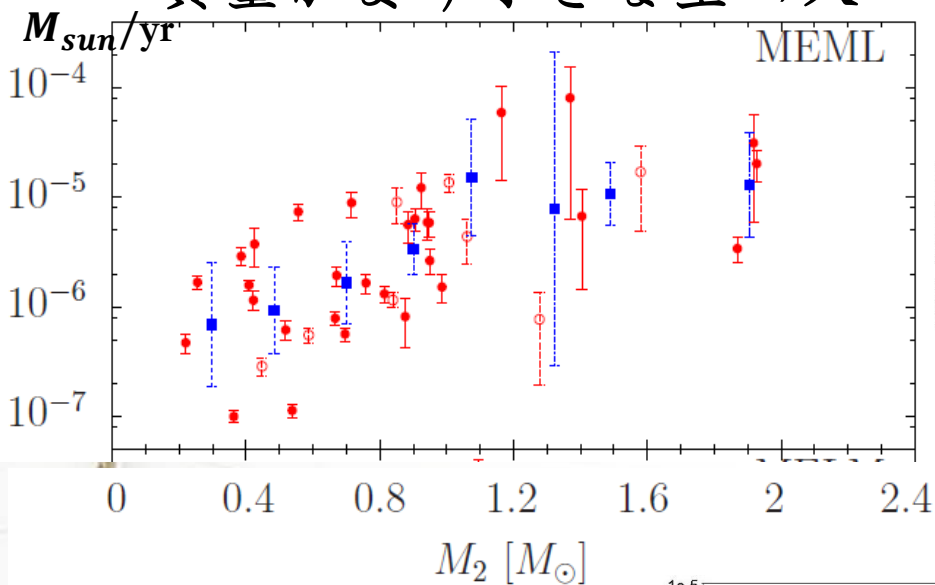
半分離型

分離型

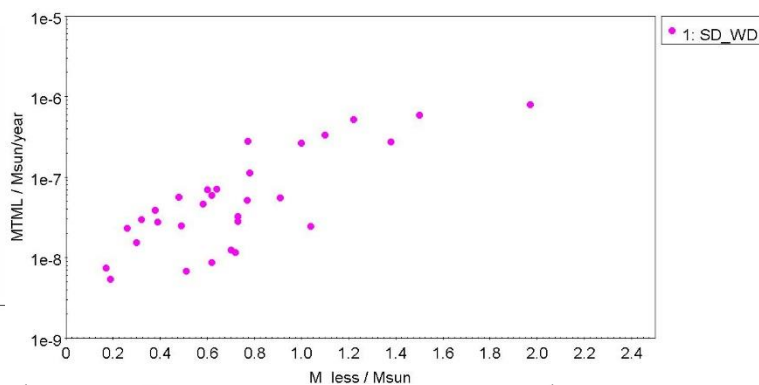
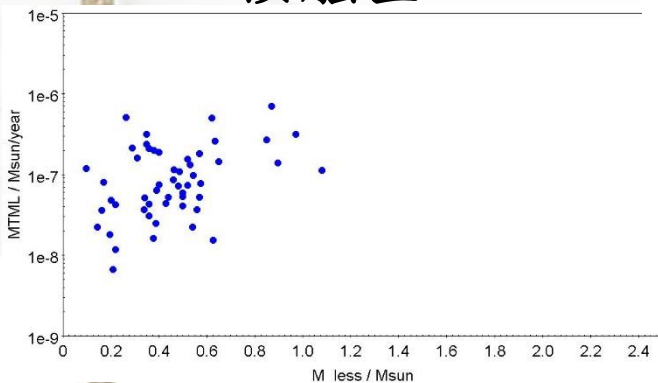


Result : 質量交換率 (大→小) との相関

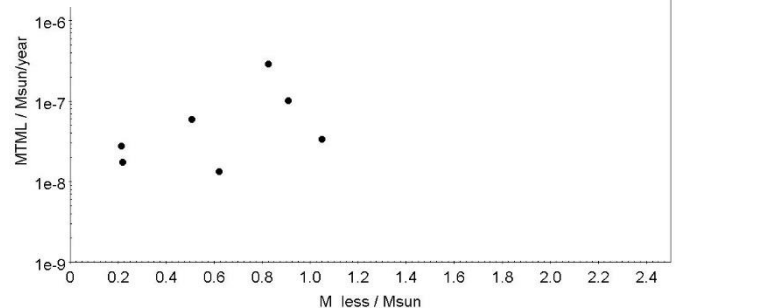
質量がより小さな星→大



接触型



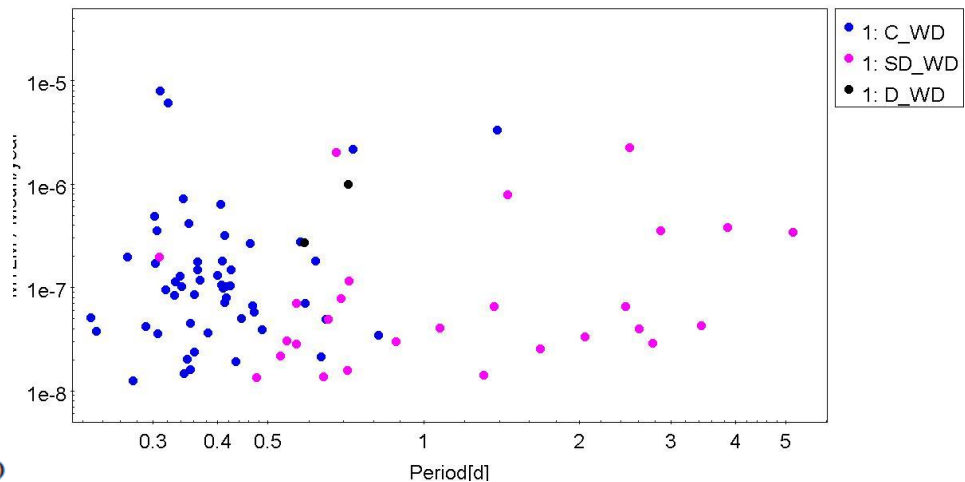
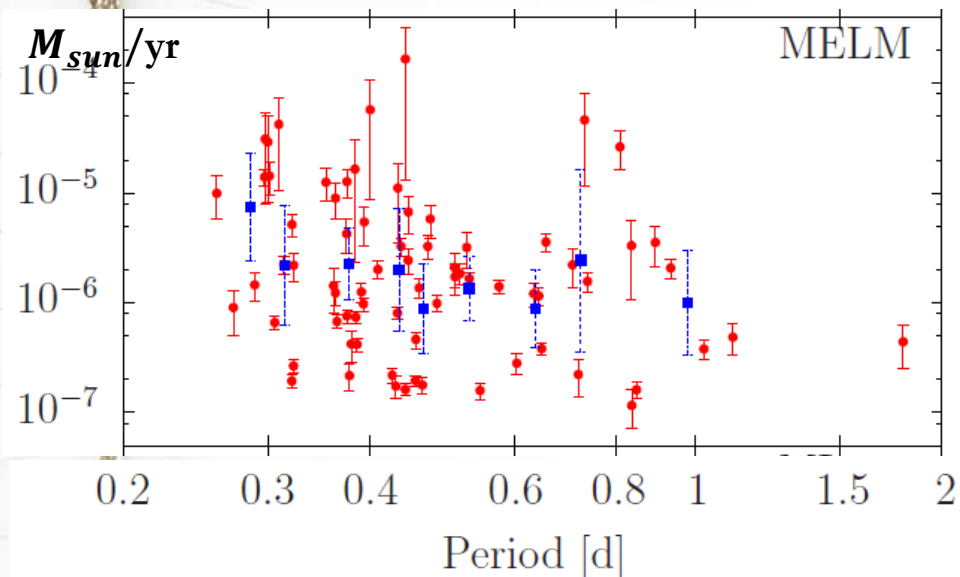
半分離型



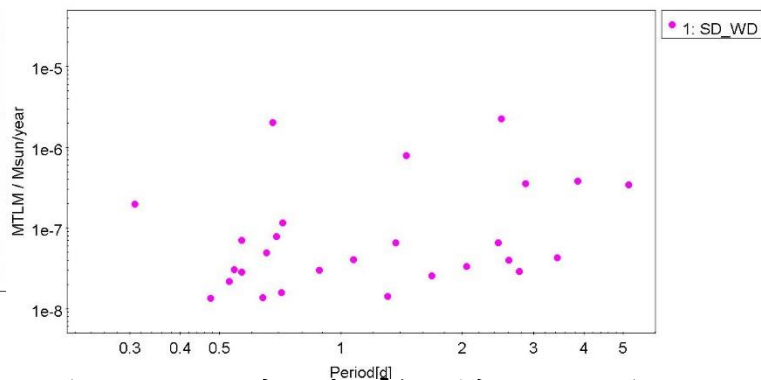
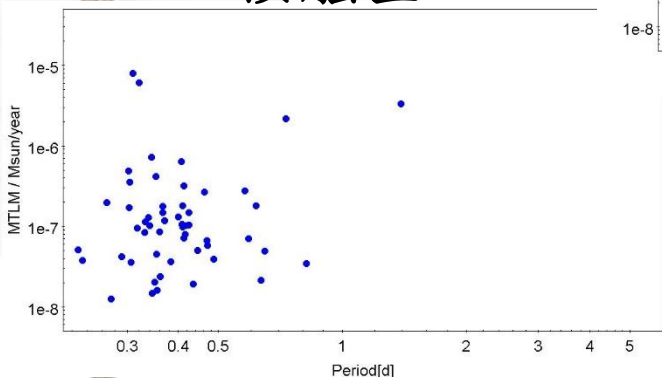
分離型

Result : 質量交換率 (小→大) との相関

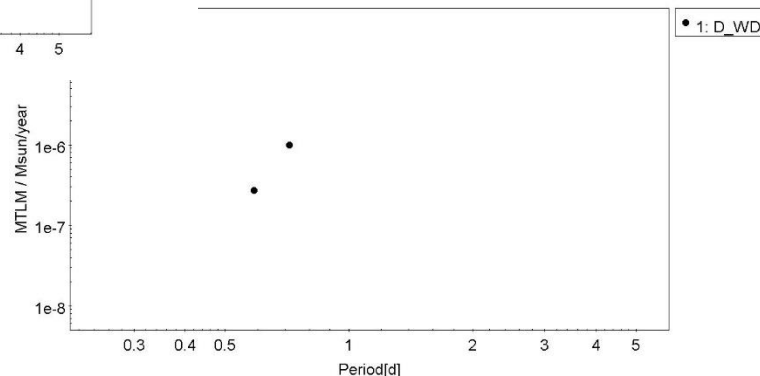
公転周期→大



接触型



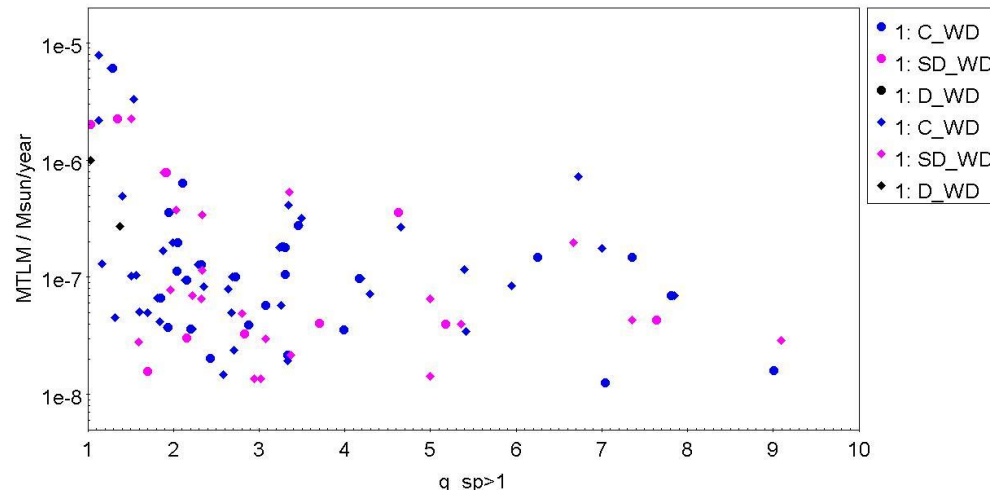
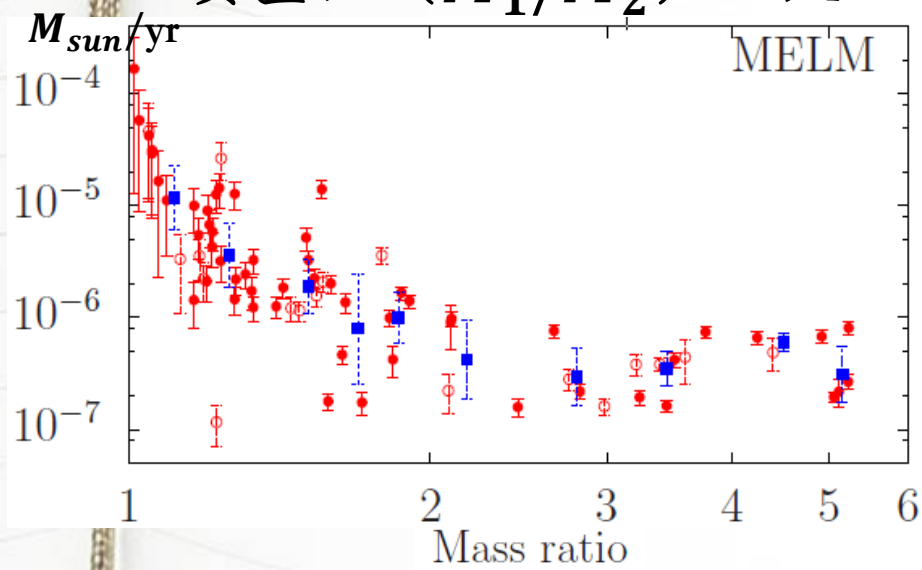
半分離型



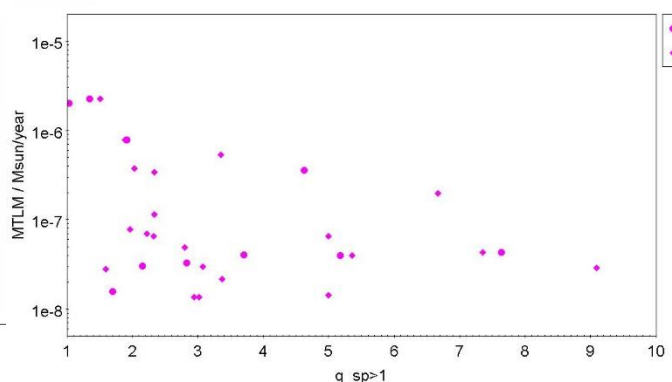
分離型

Result : 質量交換率 (小→大) との相関

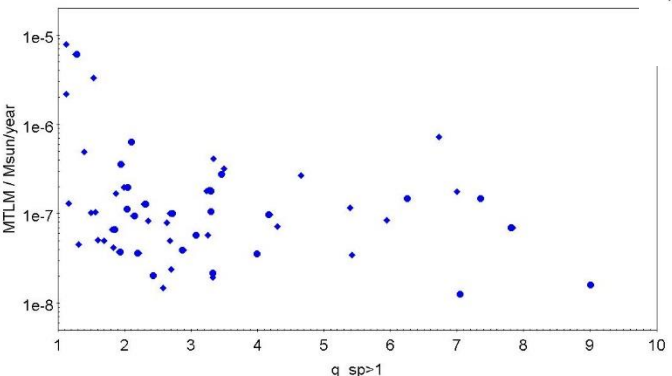
質量比 (M_1/M_2) → 大



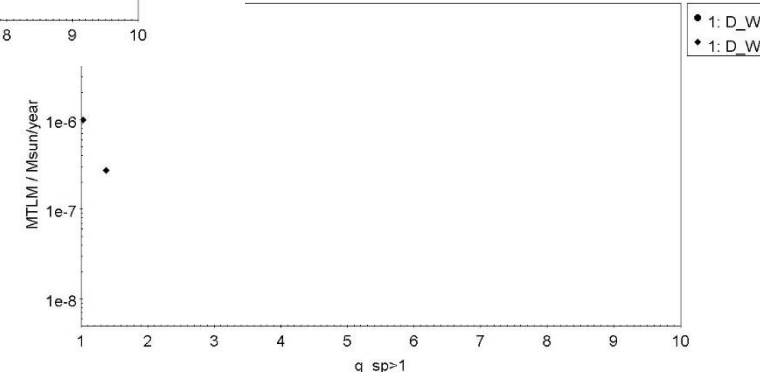
接触型



分離型

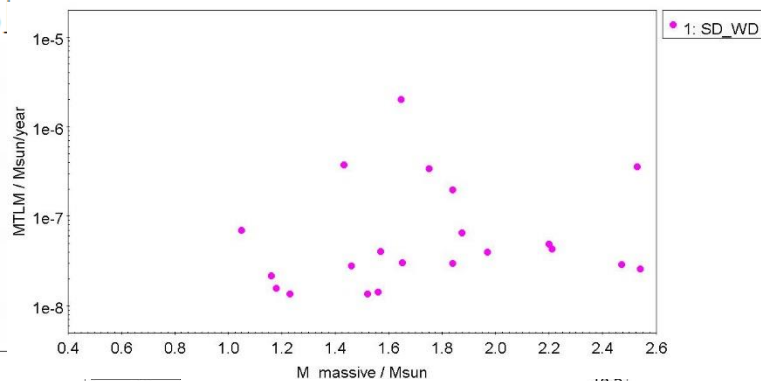
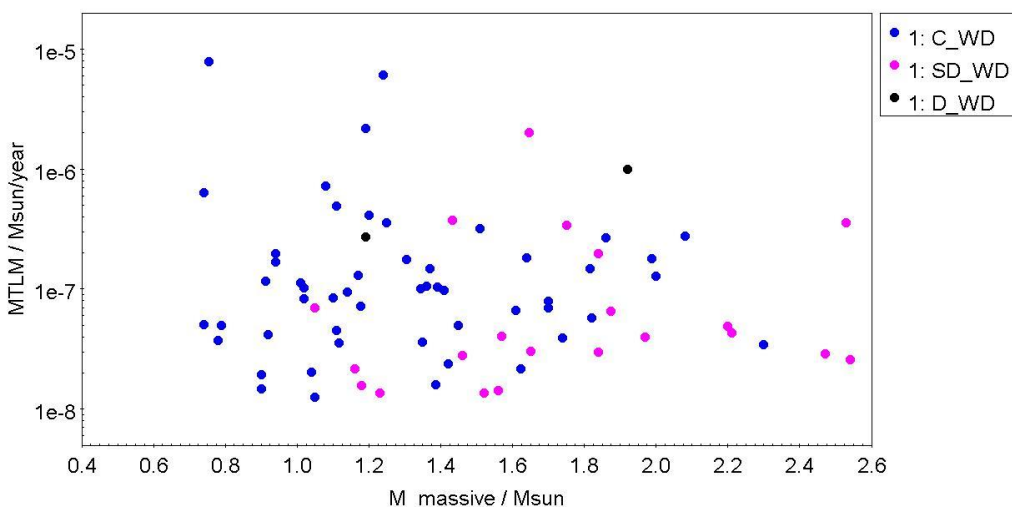
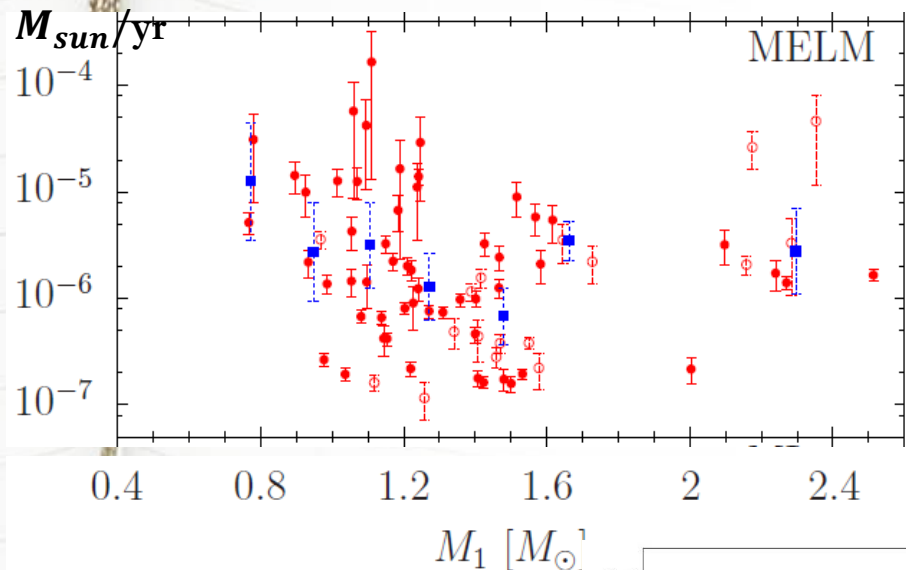


半分離型



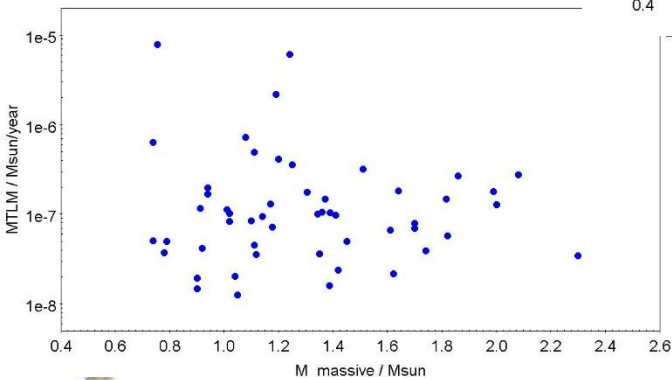
Result : 質量交換率 (小→大) との相関

質量がより大きな星→大

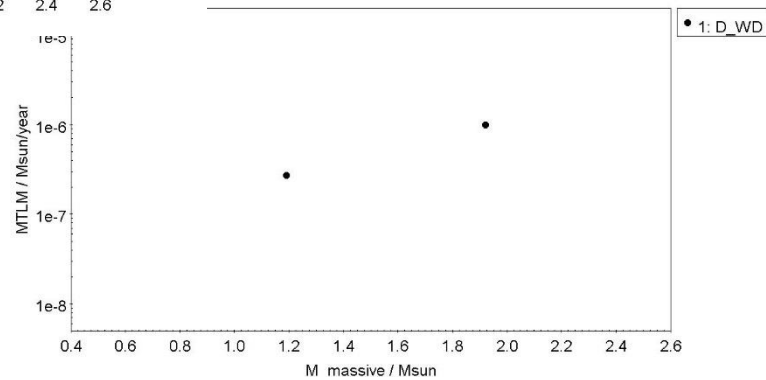


接触型

分離型

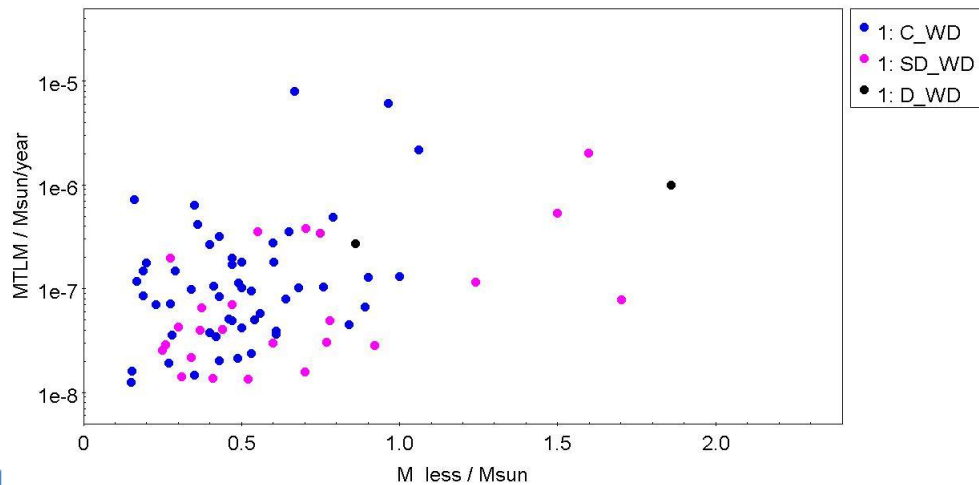
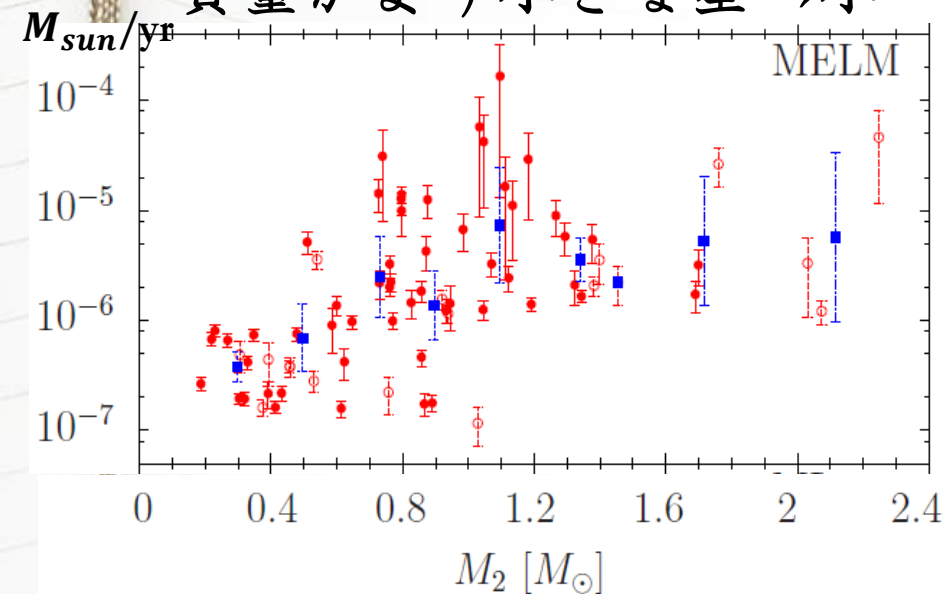


半分離型

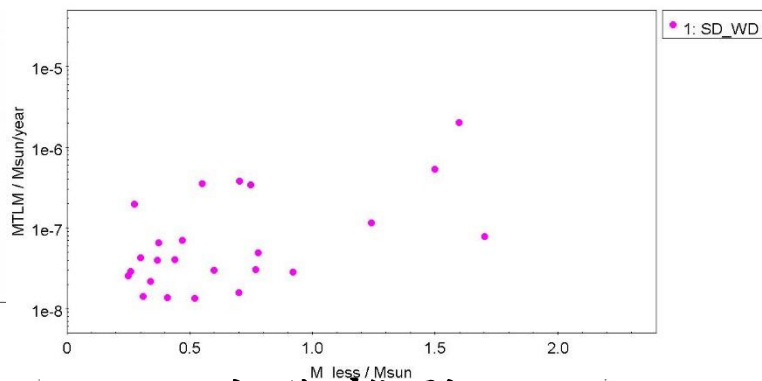
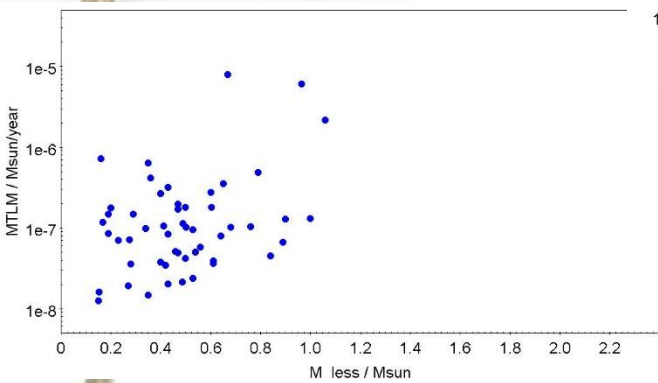


Result : 質量交換率 (小→大) との相関

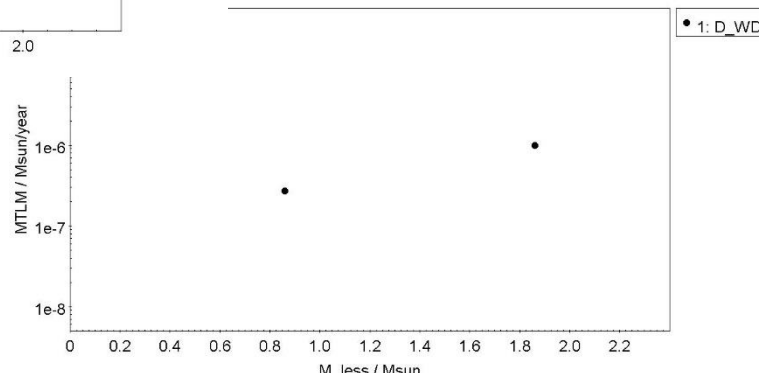
質量がより小さな星→小



接触型

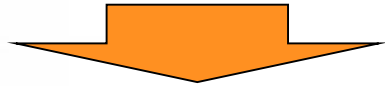


分離型



Summary

ケプラーによって観測された食連星（接触型連星）の質量移動率と各種物理量との相関関係を調査



- ・ 質量が大きな星から小さな星への質量交換

➡ 質量交換が進むとともに質量移動率は**増加**する傾向

- ・ 質量が小さな星から大きな星への質量交換

➡ 質量交換が進むとともに質量移動率は**減少**する傾向



光度曲線のモデリングにより得られた連星系での性質

- ・ 類似した相関関係が見られるが、分布の拡がり大きい
- ・ 一部で異なる相関関係？
- ・ 相関関係の変化があるように見えるのは、連星系の型の違い？