

# 銀河古気候学の可能性 —銀河円盤ダイナミクスと地球気候変動

牧野淳一郎

東京工業大学大学院 理工学研究科 理学研究流動機構

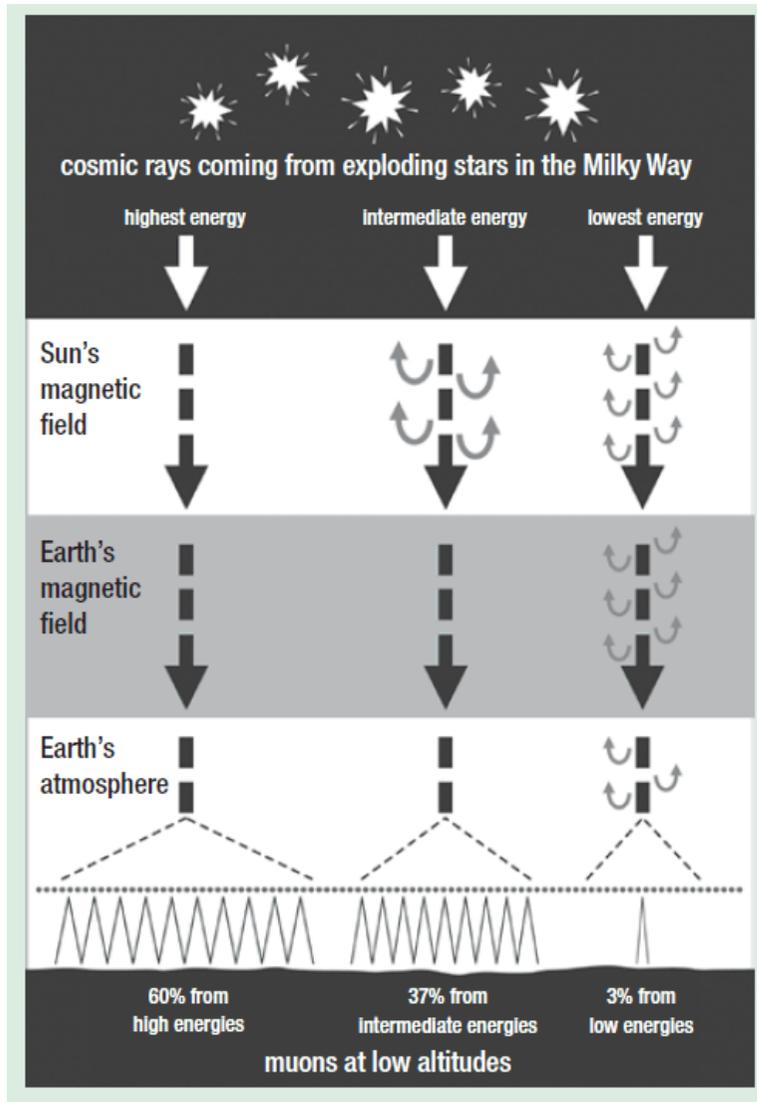
# 今日話をしようと思っていること

- 導入: スベンスマーク仮説と銀河-太陽相互作用
- 銀河のスパイラル構造
- 太陽の銀河内運動を遡る
- まとめ

# 導入：スベンスマーク仮説と 銀河- 太陽相互作用

- スベンスマーク仮説
- 銀河渦状肢と太陽

# スベンスマーク仮説

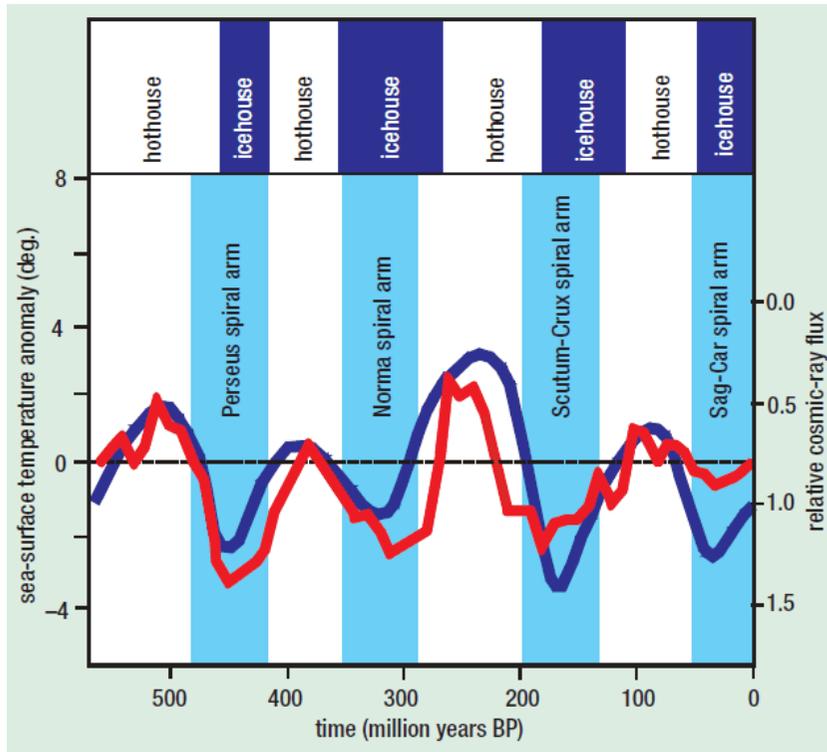


Svensmark 2007 から  
基本的には、銀河宇宙線の地球までふってくる量が増えると雲が増えて寒くなる、という話

宇宙線が増えるメカニズム

- 地球磁場の变化
- 太陽風の変化
- 銀河宇宙線自体の変化: 近傍での超新星爆発の増加とか

# 長周期の気候変動

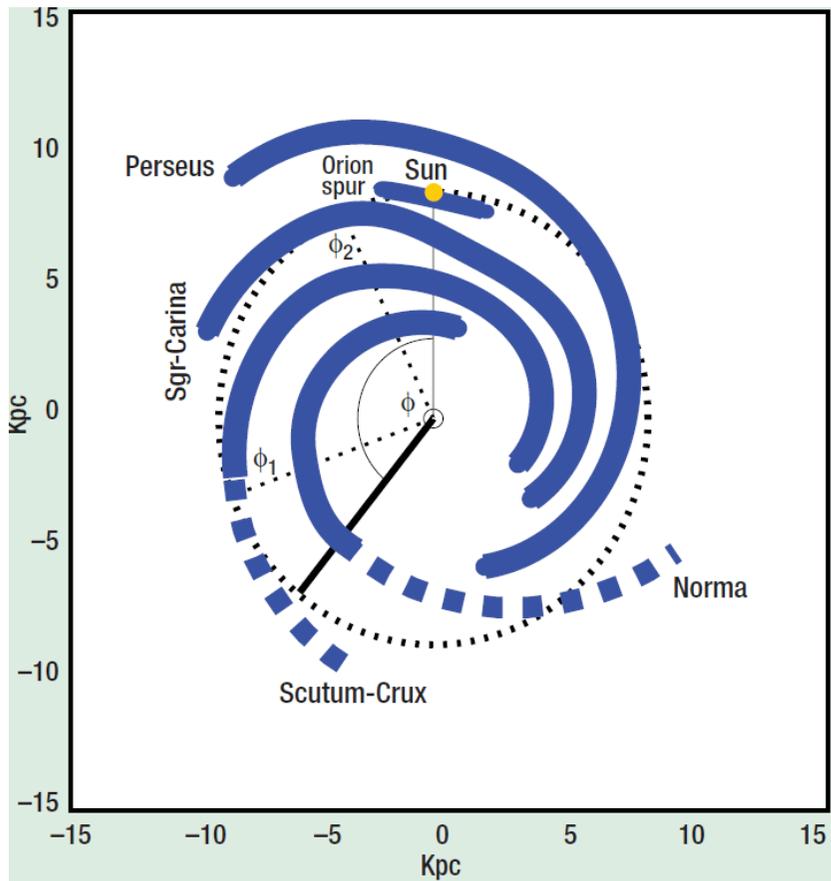


- 1.4 億年くらいの周期の気候変動がある

(牧野はよく知らないので詳しくは知っている人に聞いて下さい)

- 長周期の起源: 地球の内部や軌道運動ではなさそう(???)
- 銀河の渦状肢を通過すると宇宙線は増えるのでは?

# 銀河系と太陽



- 渦状枝は定常密度波で、太陽の位置の円運動とは違う角速度で動いている
- なので、太陽がほぼ周期的に渦状枝を横切る
- 渦状枝のところでは、星間ガスが圧縮されて活発な星形成が起きている
- 宇宙線が多くなっていて寒冷化

# いくつかの疑問

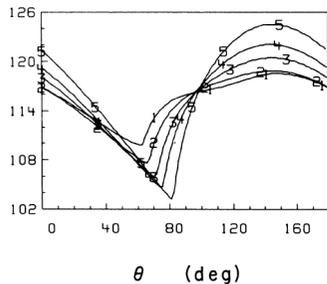
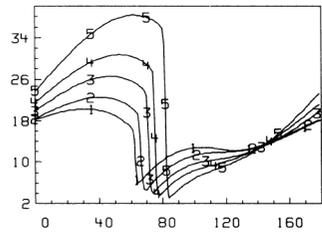
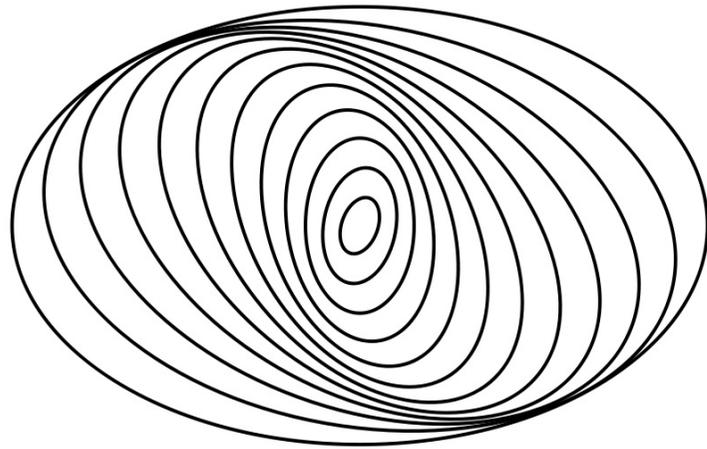
- そもそも星形成が高いくらいで本当に寒冷化なんかするのか？(今日はこの話はしません。すみません)
- 渦状肢って本当に一定のパターンのがあるのか？
- 太陽の運動はどんなふうなのか？

# 銀河の渦巻構造の最近の理解

- 国立天文台ではスベンスマーク仮説をなんとかしようと思  
ってたわけでは全くなく、純粹に銀河円盤の力学、渦巻構  
造の起源の研究をしていた(馬場、斎藤、和田、牧野辺り)
- 観測でも、VLBI 観測で銀河円盤の中の星の運動が少し  
みえてきた

# 30年くらい前から教科書にのってる理論

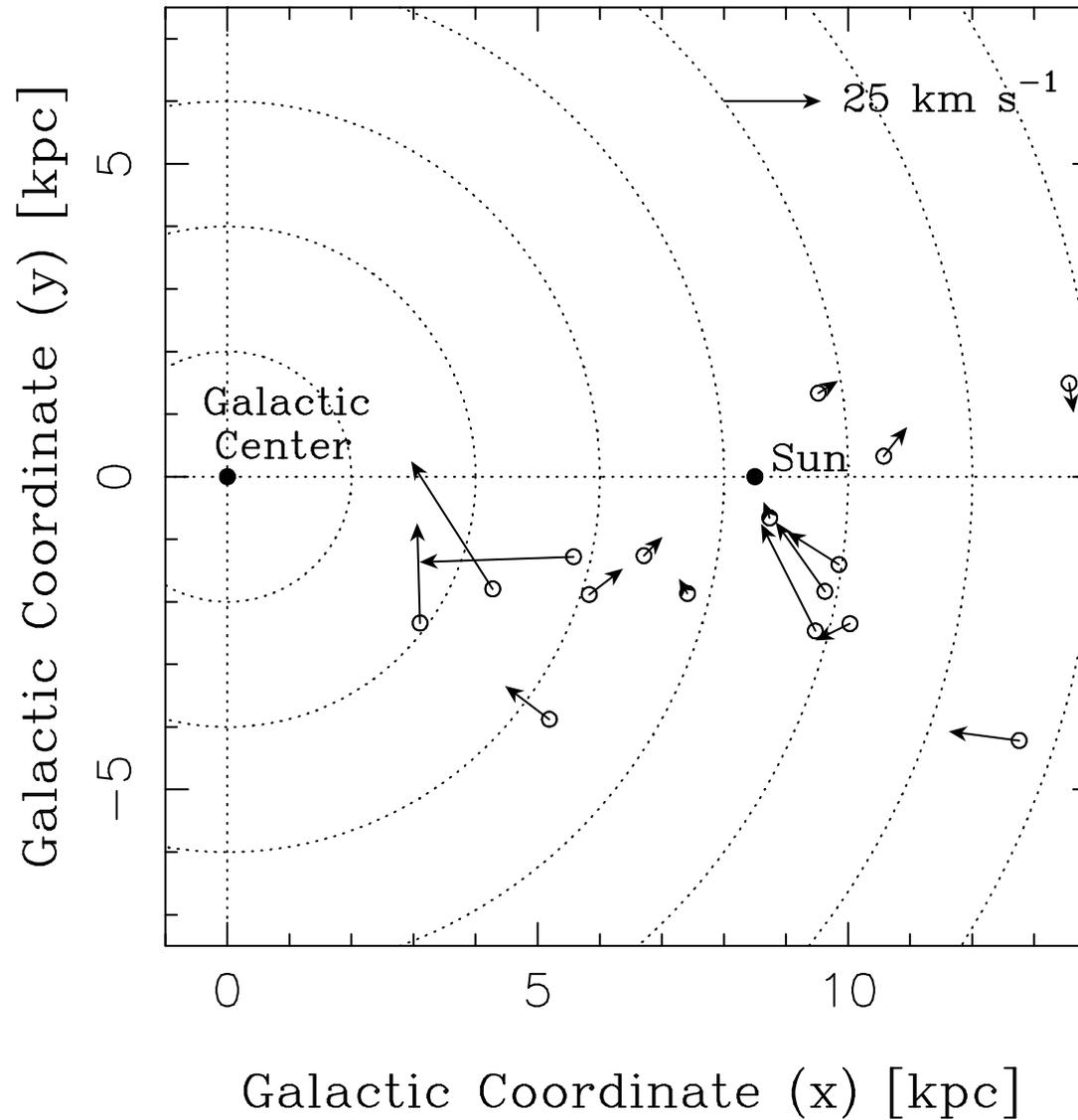
## — 定常密度波理論



- 左の図のように、「何故か」星は楕円軌道をそろって回っていて、その軸が半径によってずれると「仮定」する
- そう仮定すると時間たっても消えない渦巻構造はできる
- 「何故か」は不明なんだけど、、、
- 他の説も色々あるけどこれが正しいという決定的なものはなかった
- 数学的には色々議論できるのは密度波理論

# 最近の観測

- VLBI (超長基線干渉計) で遠くの星の距離と動く速度を三角測量で決める
- 結構円運動からはずれて動いている
- 定常密度波理論はこういうことはないはず



はて？

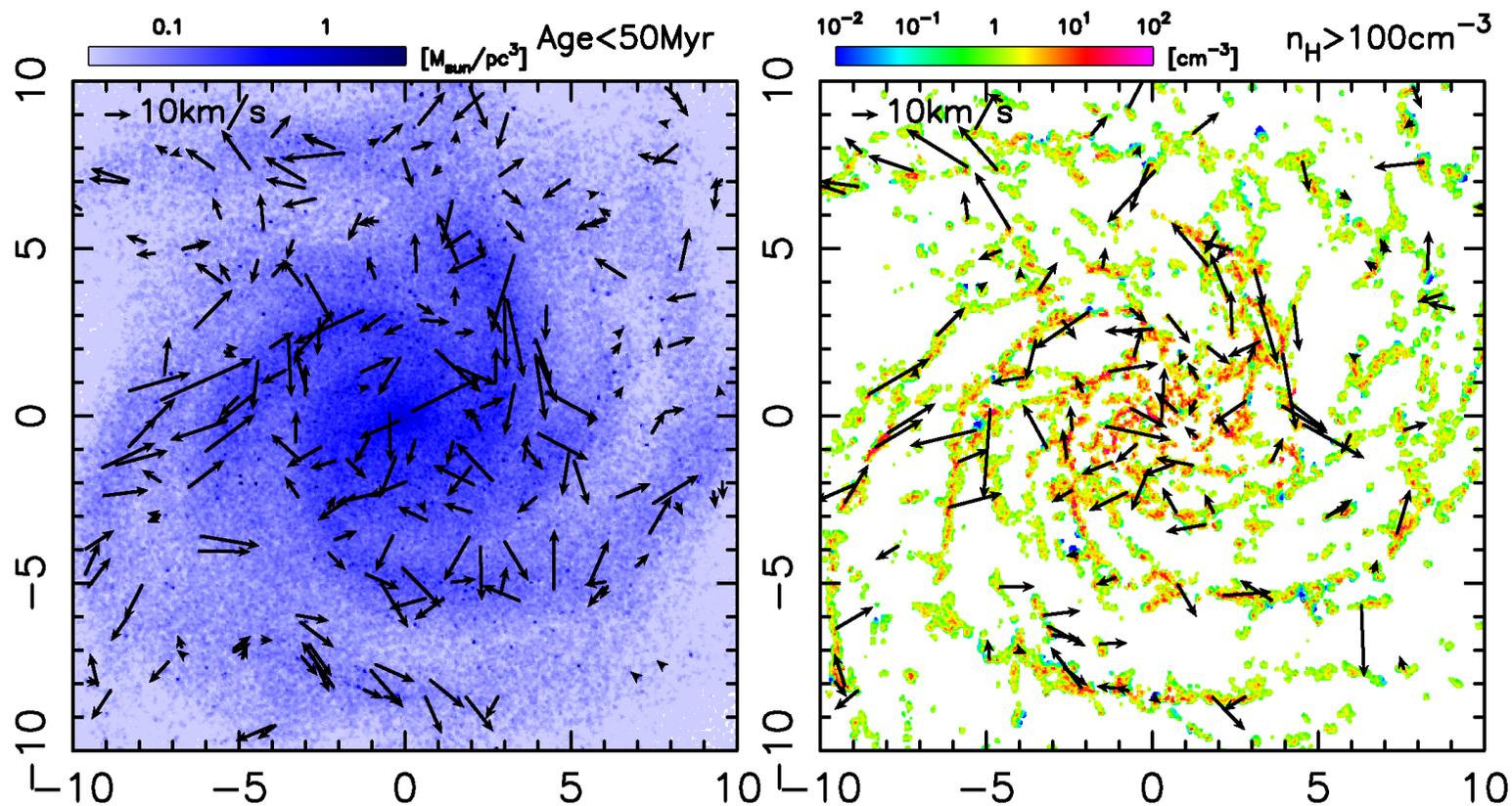
# 最近のシミュレーション

(馬場他 2009)

animation 1 2 3)

空間構造と、円運動からのずれ

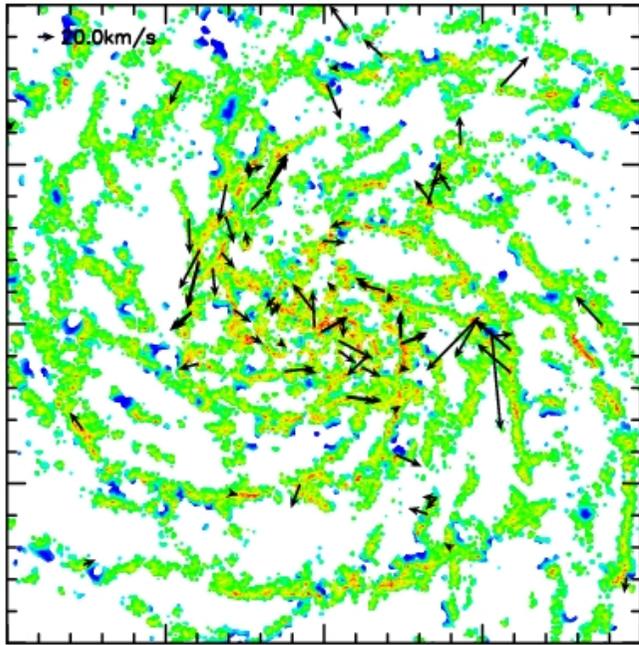
TIME=500Myr



左:星の分布

右: 冷たい星間ガス

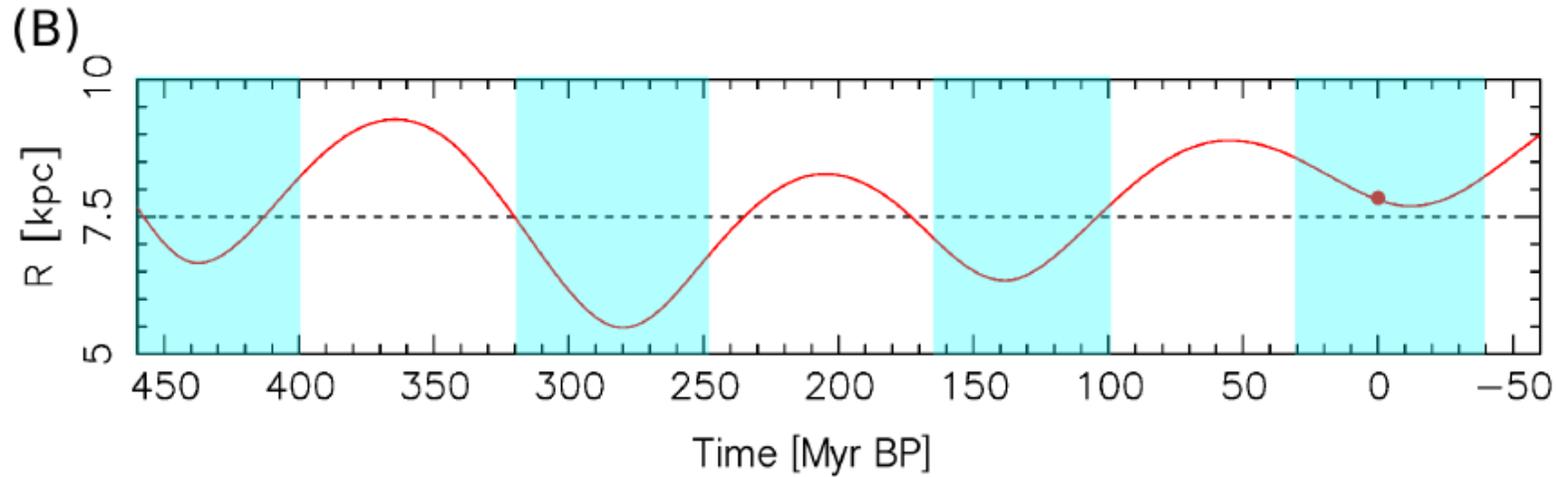
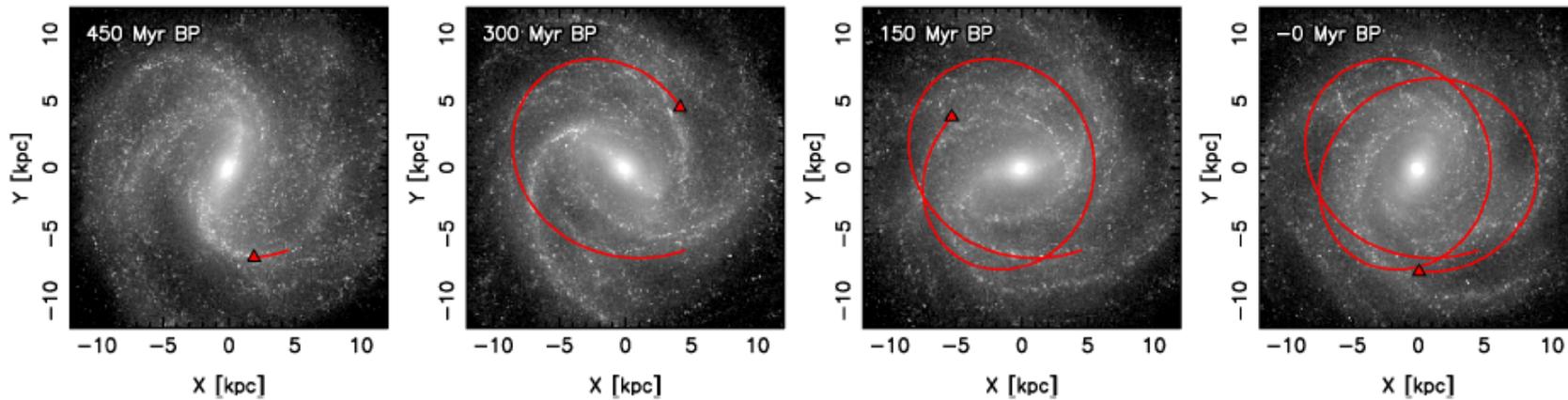
# 観測と比べると



# 「スベンスマーク仮説」は？

- 渦状肢は定常ではないし、ケプラー速度と違う「パターン速度」があるわけではない
- なので、「太陽と渦状肢の周期的遭遇」はない
- 本当のところはどうか、我々の銀河系に近い(「太陽」から観測すると大域構造が非常に近い)シミュレーションモデルで太陽に近い速度の星の運動を過去にさかのぼってみた。

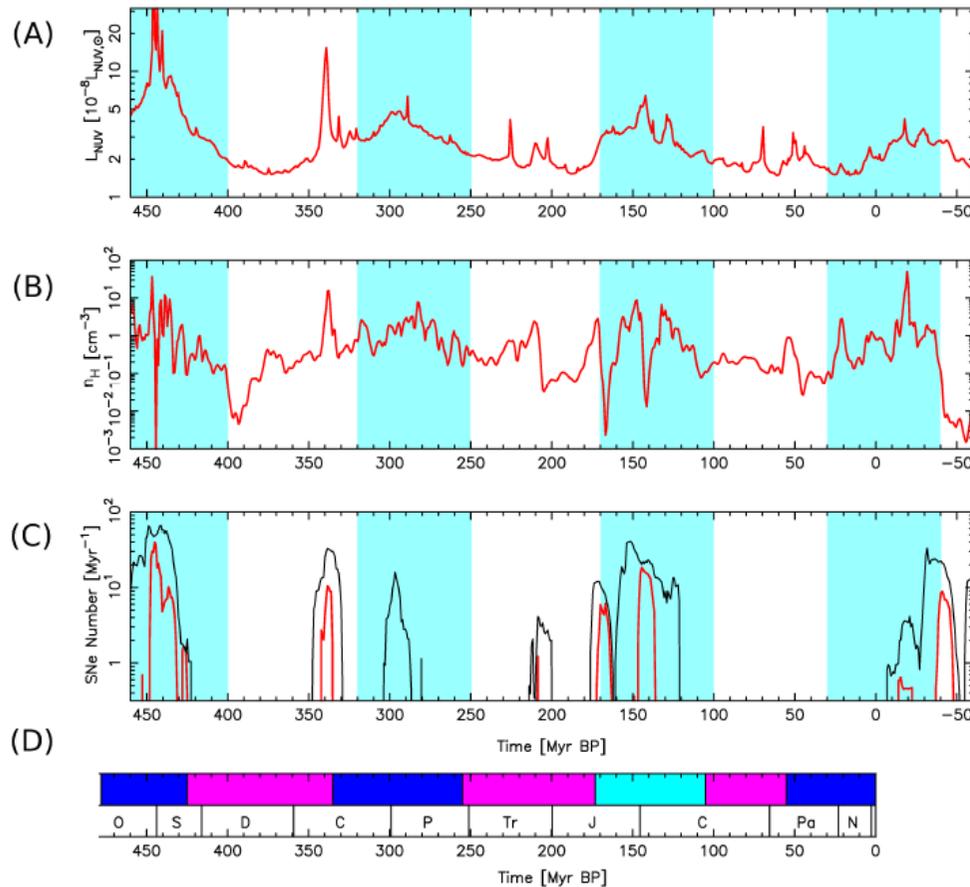
# 結果:銀河系と太陽



青:寒冷期

寒冷期には銀河中心に近い?これはフリーパラメータなしで位相まで一致。

# 太陽周りの環境変化



- 上: 紫外線での明るさ (星形成率を表す)
- 中: 星間ガスの密度
- 下: 超新星発生率
- これらが高いと寒冷期になる？

# まとめ

- スベンスマーク仮説: 銀河渦状肢との周期的遭遇で気候変動
- 現代的な銀河円盤シミュレーションではこういうことはおこらない
- が、太陽のエピサイクル運動による銀河中心からの距離変化が周期的環境変化を起こしている
- この周期は気候変動の周期と実際に一致していて、関係している可能性はある。
- バーとの相互作用も考えると6-10億年スケールでの変動もありえる
- 「銀河古気候学」みたい感じのことができるかも。