
চৌম্বকীয়ভাবে ক্যালব্রিটেডে অডিও
পরবাহীতে কালকি পক্ষপাত: ২০২৩
সালের অভ্যন্তরীণ-কেন্দ্র ঘূর্ণন
বপিরীতকরণের পরে ক্ষতের-বনি্যাস
বচিযুত।

চৌম্বকীয়ভাবে ক্যালিব্রিটেডে অডিও পরিবাহীতে কালকি পক্ষপাত: ২০২৩ সালের অভ্যন্তরীণ-কনেদ্র ঘূর্ণন বপির্ীতকরণের পরে ক্ষতের-বনিয়াস বচিযুতি

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

সারসংক্ষেপে

Nature Geoscience এবং Geophysical Research Letters সম্প্রদায় থেকে হালনাগাদকৃত ভূকম্পনগত বিশ্লেষণ (২০২৩-২০২৬) পৃথিবীর কঠনি অভ্যন্তরীণ কনেদ্রের ঘূর্ণন হারে বহুদশকীয় ভারতম্য নশিচিতি করছে, এবং সাম্প্রতিকতম পর্যবেক্ষণ চক্রটি ইগুগতি দিয়ে যাে অভ্যন্তরীণ কনেদ্র ম্যানটল থেকে বচিযুনি হযে গেছে এবং এখন গ্রহের পৃষ্ঠের সাপক্ষে পশ্চিম দিকে ঘুরছে। আমরা যথার্থ অডিও পরিবাহীর জন্য এর প্রভাব পরীক্ষা করি।

ভূগতবিদ্যা -- বহুসংখ্য কনেদ্রের পরিচালক তরল প্রকরণ যা পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষতের উৎপন্ন করে -- সরাসরি অভ্যন্তরীণ-কনেদ্রের ঘূর্ণনের সাথে যুক্ত। আপেক্ষিক ঘূর্ণন হারে একটি বপির্ীতকরণ নরিক্ষীয় বলযে বাইরে সমস্ত অক্ষাংশে পৃষ্ঠের চৌম্বক ক্ষতেরে অনুভূমিক-থেকে-উল্লম্ব অনুপাতে একটি পরিমাপযোগ্য পরিবর্তন তৈরি করে। বপির্ীতকরণের পূর্বে টানা অডিও পরিবাহীগুলাি তাই একটি ভূচৌম্বক ক্ষতের বনিয়াস দখল করে; বপির্ীতকরণের পরে টানা পরিবাহীগুলাি অন্যটি দখল করে।

আমরা এই প্রভাবের জন্য *কালকি পক্ষপাত* শব্দটি প্রস্তাব করছি। আমরা ৪৭টি জোড়া পুরাতন/সমকালীন OFC কেবল নমুনা থেকে ক্ষতের পরিমাপ উপস্থাপন করি যা প্রদর্শন করে যে যখন ভূনি কালকি দলবদ্ধতার পরিবাহীগুলাি 0deg এর উপরে অক্ষাংশে একই সংকতে শৃঙ্খলে স্থাপতি হয় তখন সনাক্তযোগ্য দশা অঙ্গগতি (৮০ Hz এ গড সঙ্গতি ক্ষতি ০.১৮) দেখা যায়। নরিক্ষীয় নমুনা, প্রভাবটি অনুপস্থিতি, যা স্থানিক-পক্ষপাত সাহিত্যের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

আমরা আরও একটি Temporal Uniform Manufacturing প্রোটোকল প্রস্তাব করি, গুরুত্বপূর্ণ শ্রবণ স্থাপনায় কেবল-দলবদ্ধতা পৃথকীকরণ সুপারিশ করি, এবং দাখলি করি যে অডিওফাইল প্রসেসের পুরাতন কেবল পুনরুজ্জীবনের প্রত্যাশা এখন এই নতুন সীমাবদ্ধতার সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ করতে হবে।

১. ভূমিকা

পৃথিবীর কঠনি অভ্যন্তরীণ কনেদ্র চারপাশের ম্যানটলের সাথে একই হারে ঘুরছে কিনা তা ১৯৯০ এর দশকের গোড়ার দিক থেকে ভূপদার্থবিদ্যা সাহিত্যে সক্রিয়ভাবে বিতর্কিত হয়ে আসছে। চার দশক বসিত পণ্ডিত-তরুণ ভ্রমণ-সময় বিশ্লেষণ একটি বহুদশকীয় দোলন নরিদশে করে: এমন সময়কাল যখন অভ্যন্তরীণ কনেদ্র ম্যানটলের চয়ে পরিমাপযোগ্যভাবে দ্রুত ঘুরছে ("সুপাররোটেশন"), এবং এমন সময়কাল যখন এটি ধীর গতিতে অথবা, আরও সম্প্রতি, বপির্ীত দিকে ঘুরছে।

Yang এবং Song (২০২৩) ছয় দশকে রেকর্ডকৃত ডাবলটে সিসিগরামের ভিত্তিতে প্রস্তাব করছিলেন যে সুপাররোটেশন থেকে সাবরোটেশনে সাম্প্রতিকতম রূপান্তর প্রায় ২০০৯-২০১১ সালের কাছ ঘটেছিল এবং তাদের পর্যবেক্ষণের জানালার সময় অভ্যন্তরীণ কনেদ্র ম্যানটল থেকে বচিযুনি হযে গিয়েছিল। পরবর্তী নশিচিতির গবেষণা (Vidale et al., ২০২৪; Wang এবং Vidale, ২০২৫) সময়কাল পরিমার্জিত করেছে এবং প্রদর্শন করেছে যে আপেক্ষিক ঘূর্ণন বপির্ীত হযেছে -- অর্থাৎ, অভ্যন্তরীণ কনেদ্র এখন পৃষ্ঠের সাপক্ষে পশ্চিম দিকে ঘুরছে -- কনো এক সময়ে ২০২৩ সালে।

ভূগতবিদ্যার জন্য এর প্রভাব প্রথম-আদর্শে। গলতি বহুসংখ্য কনেদ্রের পরিচালক প্যারামেট্রিক পৃথিবীর চৌম্বক ক্ষতের তৈরি করে, তা ভূচৌম্বকীয় এবং সান্দ্র টরকরে মাধ্যমে অভ্যন্তরীণ কনেদ্রের আপেক্ষিক ঘূর্ণনের সাথে যুক্ত। সেই ঘূর্ণনে পরিবর্তন ক্ষতেরে গোলকীয়-হারমোনিক বিভাজন জুড়ে চৌম্বক-ক্ষতের শক্তির একটি পরিমাপযোগ্য পুনরুজ্জীবন তৈরি করে।

যথার্থ অডিও পরিবাহীর জন্য, এটি একটি বিমূর্ত ভূপদার্থিক কৌতুহল নয়। এটি একটি উৎপাদন সমস্যা। কমটি দাখলি করে যে অডিওফাইল সম্প্রদায়ের ভূচৌম্বক ক্ষতেরকে একটি কালকিভাবে স্থিতিশীল সীমা শর্ত হিসাবে ঐতিহ্যগত আচরণ, ২০২৩ সাল থেকে, আর পরিত্রিক্ষাযোগ্য নয়।

২. পদ্ধতি

আমরা সহযোগিতাকারী ডলিারদের কাছ থেকে ৪৭টি জোড়া কেবল নমুনা সংগ্রহ করছি, প্রতটি জোড়াই ছিল একটি পুরাতন পরিবাহী (২০০৯ এর আগে টানা, সাম্প্রতিকতম সাবরোটেশন যুগের শুরু) এবং একটি সমকালীন পরিবাহী (জানুয়ারি ২০২৪ এর পরে টানা, বপির্ীতকরণ-পরিবর্তী শাসনে ভালোভাবে পরিবর্তিত) নামমাত্র অভিনি স্পেসিফিকেশনের। যখন সম্ভব, জোড়াগুলাি একই সুরধিয টানা হযেছিল -- গোলারধীয় পক্ষপাত (Ferro, Park, Tanaka, ২০২০) একটি বিতরানতিকর চলক হিসাবে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য। পুরাতন নমুনাগুলাি প্রাথমিকভাবে মার্কনি যুক্ত রাষ্ট্র, জাপান এবং জার্মানিতে গৌণ-বাজারে বিক্রিতাদের কাছ থেকে সংগৃহীত হযেছিল; সমকালীন নমুনাগুলাি সরাসরি প্রস্তুতকারকদের কাছ থেকে সংগৃহীত হযেছিল।

প্রতটি জোড়া তিনটি অক্ষাংশে পরীক্ষা করা হযেছিল -- কুইটো (0.000deg উ), বোল্ডার (80.0deg উ), এবং ক্রাইস্টচার্চ (80.5deg দ) -- দক্ষিণ আটলান্টিক অসামঞ্জস্য গবেষণার (Ferro, Flux, Ohm, Park, ২০২৬) জন্য প্রতটি স্থিতি প্রোটোকল ব্যবহার করে। দশা সঙ্গতি ২০ Hz থেকে ৫ kHz পর্যন্ত ১/৩-অক্টক রেজোলিউশনে পরিমাপ করা হযেছিল, প্রতটি জোড়া তিনটি কনফিগারেশনে পরীক্ষা করা হযেছিল: শুধুমাত্র-পুরাতন সংকতে শৃঙ্খল, শুধুমাত্র-সমকালীন সংকতে শৃঙ্খল, এবং মিশ্র (পুরাতন বাম চ্যানলে, সমকালীন ডান চ্যানলে)।

প্রতিটি পরীক্ষা স্থানে স্থানীয় ভূচৌম্বক ক্ষেত্রকে একটি ত্রিপিদ-অক্ষ ফলাকসঙ্গে ম্যাগনেটোমিটার ব্যবহার করে বৈশিষ্ট্যযুক্ত করা হয়েছিল, ক্ষেত্রের অনুভূমিক-থেকে-উল্লম্ব অনুপাত প্রধান স্বাধীন চলক হিসাবে নিক্ষেপিত হয়েছিল।

৩. ফলাফল

নরিকরীয় স্থানে (কুইটো), মশির কনফিগারেশন উভয় একক-দলবদ্ধতা কনফিগারেশনের সাপেক্ষে কোন পরসিঙ্খ্যানগতভাবে উল্লম্বযোগ্য দশা অসঙ্গতি প্রদর্শন করেনি। এই ফলাফল প্রত্যাশিত ছিল: নরিকরীয় ভূচৌম্বক ক্ষেত্রের মূলত অনুভূমিক ভূ-গতবিদ্যা কনফিগারেশন নরিকরীয়, এবং কালকি পক্ষপাত অসনাক্তযোগ্য হওয়া উচিত।

মধ্য-অক্ষাংশ স্থানে (বোল্ডার এবং ক্রাইস্টচার্চ), মশির কনফিগারেশন ৬০ Hz এবং ২০০ Hz এর মধ্যে কেন্দ্রীভূত পরমাপযোগ্য দশা অসঙ্গতি প্রদর্শন করেছে। ৮০ Hz এ গড় সঙ্গতি ক্রাইস্টচার্চে ০.১৮ এবং ক্রাইস্টচার্চে ০.২১ ছিল (একক-দলবদ্ধতা কনফিগারেশনের তুলনায়)। উচ্চতর কম্পাঙ্কে (৫০০ Hz এর উপরে) সঙ্গতি অপূর্ণ ছিল, যা একটি কাপলিং প্রক্রিয়ার সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ যা সরাসরি পরবাহী প্রভাবের চেয়ে নমিন-কম্পাঙ্ক ক্ষেত্র-মডুলিটেডে ট্রান্সফরমার আচরণ দ্বারা প্রভাবিত।

অসঙ্গতির পরিমাণ স্থানীয় অনুভূমিক-থেকে-উল্লম্ব ক্ষেত্রের অনুপাতের সাথে সম্পর্কযুক্ত ছিল ($r = 0.69, p < 0.005$)। ভিন্ন তারিখে একই নরিকরীয় সুবাহী টানা জোড়ায় প্রভাবটি পর্যবেক্ষণ করা হয়নি, যা উৎপাদন-ব্যাচ তারতম্যকে উৎস হিসাবে বাতিল করে।

উল্লম্বযোগ্যভাবে, কালকি-পক্ষপাত প্রভাব ১৯৯৫ এবং ২০০৫ এর মধ্যে উৎপাদিত পুরাতন কবেলগুলিতে সবচেয়ে বড় ছিল -- Yang এবং Song (২০২৩) অনুসারে শক্তিশালী অভ্যন্তরীণ-কনেদ্র সুপাররেটশনের সময়কাল। এই কালকি সংবদনশীলতা প্রস্তুতাবতি প্রক্রিয়ার সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

৪. প্রস্তুতাবতি প্রক্রিয়া

আমরা প্রস্তুতাবতি করে OFC আমরা সফটিকিতত্বকি দানা অভিমুখ, প্রচলিত ভূচৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব টানার মুহুর্তে প্রত্যাশিত (Ferro, Park, Tanaka, ২০২০), শূন্যতার টানা সুবাহী স্থানিকি ক্ষেত্র বনিয়াস নয় বরং অভ্যন্তরীণ-কনেদ্র ঘূর্ণন অবস্থা দ্বারা আরোপিত কালকি ক্ষেত্র বনিয়াসও এনকোড করে।

একটি স্থিতিশীল ভূ-গতবিদ্যা শাসনে, একটি প্রদত্ত অক্ষাংশে টানা সমস্ত পরবাহীর তাদের দানা গঠন স্থাপতি হওয়ার মুহুর্তে মূলত অভিনি ক্ষেত্রের ইতিহাস ভাগ করে। একটি সংকতে শূঙ্খলে এই ধরনের পরবাহী মশিরতি করা সুপরিচিত স্থানিকি গোলাকারীয় পক্ষপাতের বাইরে কোন অতিরিক্ত অসঙ্গতি প্রবর্তন করে না।

একটি পরিবর্তনশীল ভূ-গতবিদ্যা শাসনে -- যখন ২০২৩ পরবর্তী বপিরীতকরণ -- যেকোনো প্রদত্ত অক্ষাংশে ক্ষেত্র বনিয়াস তার রূপান্তর-পূর্ব অবস্থা থেকে পরিমাপযোগ্যভাবে আলাদা। দুটি যুগে টানা পরবাহী যা আমরা পৃথক *কালকি দলবদ্ধতা* বলে প্রস্তুতাবতি করা দখল করে। যখন একটি সংকতে শূঙ্খলে মশিরতি হয়, দলবদ্ধতাগুলি শূঙ্খলের লোহা-কনেদ্র উপাদান (ট্রান্সফরমার, ইনডাক্টর, গ্রাউন্ড রফোরেন্স) এর কাছ থেকে সূক্ষ্মভাবে ভিন্ন সীমা শর্ত উপস্থাপন করে, যা ৩ অংশে নথিভুক্ত নমিন-কম্পাঙ্ক দশা অসঙ্গতি তৈরি করে।

যেকোনো একক ইন্টারফেসে প্রভাবটি ছোট। একটি সম্পূর্ণ সংকতে শূঙ্খল জুড়ে যাগ করা হলে, শ্রবণযোগ্য নমিন-কম্পাঙ্ক ব্যান্ড জুড়ে সংহত করা হলে, এটি যেকোনো অ-নরিকরীয় স্থানে শব্দ মঝের উপরে সনাক্তযোগ্য।

৫. প্রশমন

তিনটি প্রশমন কৌশল উপলব্ধ।

প্রথম, *কালকি-দলবদ্ধতা পৃথকীকরণ*: গুরুত্বপূর্ণ শ্রবণ স্থাপনার তাদের কবেল ইনভেন্টরি একটি একক কালকি দলবদ্ধতায় সীমাবদ্ধ করা উচিত। বাস্তুবিকভাবে, এর অর্থ হয় একটি সম্পূর্ণ-পুরাতন স্থাপনা (২০০৯ এর আগের কবেলিং সরবতর) অথবা একটি সম্পূর্ণ-সমকালীন স্থাপনা (২০২৩ পরবর্তী কবেলিং সরবতর)। দলবদ্ধতা মশিরতি করা এডানো উচিত।

দ্বিতীয়, *Temporal Uniform Manufacturing*: কুইটো সুবাহী নতুন পরবাহী উৎপাদন, কঠোরভাবে ০.০০০০deg অক্ষাংশে পরিচালিত, অভ্যন্তরীণ-কনেদ্র বপিরীতকরণ দ্বারা অপূর্ণপ্রভাব। এভাবে উৎপাদিত পরবাহী নিরিমাণ অনুসারে কালকি-পক্ষপাত-নিরিপক্ষে। কমটি সুপারিশ করে যে সমস্ত নতুন Equatorial Audio কবেল উৎপাদন একটি Temporal Calibration Certificate বহন করুক যা ভূ-গতবিদ্যা রফোরেন্স যুগে (২০২৪-০১-০১, বপিরীতকরণ-পরবর্তী) সাপেক্ষে উৎপাদন তারিখ নথিভুক্ত করে।

তৃতীয়, যসেব স্থাপনা পুনরায় কবেল করা যাবে না সগেলরি জন্য, বদ্যমান Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, ২০২৬) এ ফার্মওয়্যার আপডেটে মাধ্যমে *কালকি-সচতেন ক্ষতপূরণ*। সের-শিখা প্রশমনের জন্য ক্ষেত্রের মোতায়নে ইতিমধ্যে থাকা একই ক্ষতপূরণ সার্কিটের বিরোধিতা ফার্মওয়্যার (v3.5.0 এবং পরবর্তী, মূলতুরা সহ এই অ্যাপলিকেশনের জন্য উপযুক্ত। কমটি স্বীকার করে যে শূন্যতার-ফার্মওয়্যার প্রশমন দলবদ্ধতা-মশিরতি স্থাপনাগুলির জন্য সম্পূর্ণরূপে ক্ষতপূরণ দিতে পারে না এবং পছন্দনীয় দীর্ঘময়াদী সমাধান হিসাবে পৃথকীকরণে সুপারিশ করে।

৬. উপসংহার

২০২৩ সালের অভ্যন্তরীণ-কনেদ্র ঘূর্ণন বপিরীতকরণ, কমটি দাখলি করে, আধুনিক ভূ-গতবিদ্যা শাসন প্রত্যাশিতার পর থেকে যথার্থ অডিও পুনরুৎপাদনের জন্য সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ভূপাদার্থকি ঘটনা। বপিরীতকরণে আগের টানা অডিও পরবাহী বপিরীতকরণের পরে টানা পরবাহীর তুলনায় একটি পরিমাপযোগ্যভাবে ভিন্ন ক্ষেত্র বনিয়াস দখল করে, এবং পার্থক্যটি অ-নরিকরীয় অক্ষাংশে দশা সঙ্গতি পরিমাপে সনাক্তযোগ্য।

আমরা সুপারশি কৰিযে অডিওফাইল পুরসে, ডলি়ার, এবং শৰে-গুৱাহকরা পৰবিহী উপাদান এবং টানার অক্ৰাংশৰে পাশাপাশি উপাদান তারথিকে একটা পুরথম-আদশে সুপসেফিকেশন হসিাবে অন্তরভুক্ত কৰতে কবেল উৎসৰে তাদৰে বোঝাপড়া আপডটে কৰুন। আমরা সুপারশি কৰিযে পুরাতন কবেলগুলিৰ গৌণ বাজার উপাদান-তারথি পুরসিৰ পুরকাশ কৰে। আমরা সুপারশি কৰিযে গুৰুত্বপূৰ্ণ শৰবণ স্থাপনাগুলি একটা মানক অনুশীলন হসিাবে কালকি-দলবদ্ধতা পৃথকীকরণ গুৱহণ কৰে।

কমটি সুবীকার কৰেযে এই অনুসন্ধান ভোকতা অডিওফাইল পুরসেৰে অংশগুলিৰ জনয অসবস্তুকিৰ যারা রফোরনেস-গুৱডে সংকতে বশিবস্তুতার একটা সুবলপ-খৰচ পথ হসিাবে পুরাতন কবেল পুনৰুজ্জীবনকে চ্যাম্পিয়ন কৰছে। আমরা তাদৰে পুনৰববিচেনা আমন্তরণ জানাই। ভূ-গতবিদ্যা, অডিওফাইল বাজারৰে বপিরীতে, আলোচনাযোগ্য নয়।

তথ্যসূত্র

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.